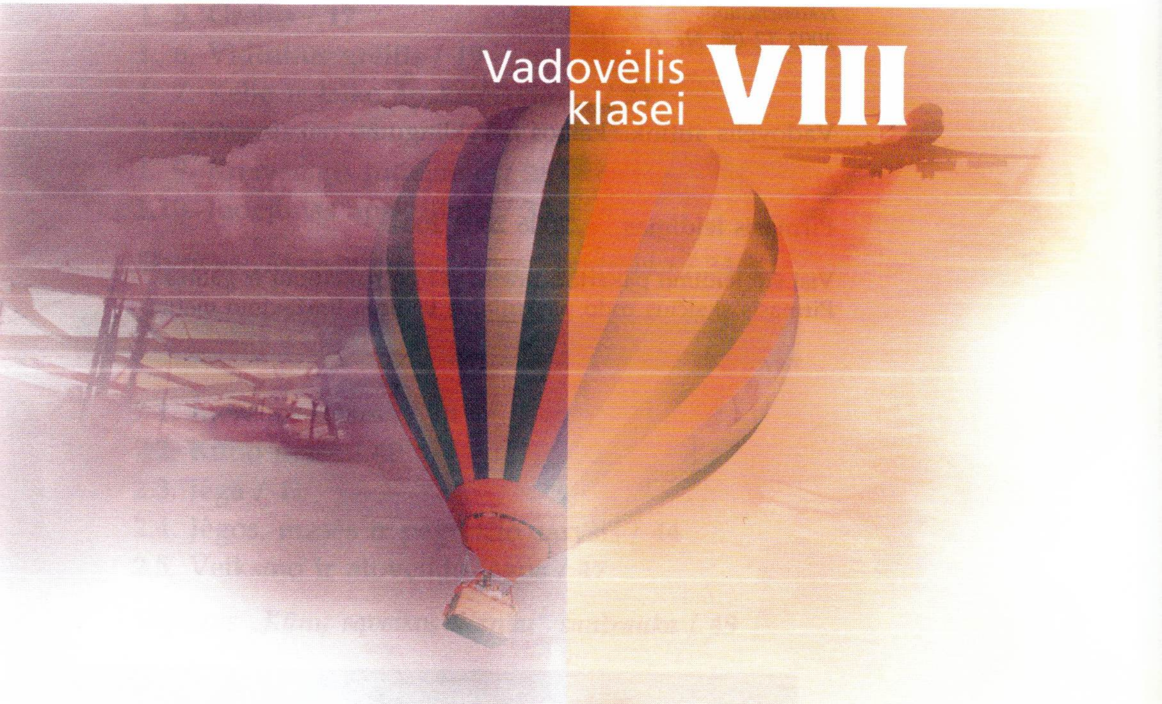
Vladas Valentinavičius

Fizika



Vladas Valentinavičius

Fizika



Vadovėlis klasei VIII

ŠVIESA KAUNAS

UDK 53(075.3)
Va171

Redaktorė ZITA ŠLIAVAITĖ

Piešiniai ELVIO ZOVĖS

Dizainerė KRISTINA JĖČIŪTĖ

Lietuvos Respublikos švietimo ir mokslo ministerijos rekomenduota
2003 12 08, Nr. 6

Vadovėlis atitinka kalbos taisyklingumo reikalavimus

Pirmasis leidimas 2006 2005 2004

Visi šio leidimo pakartoti tiražai yra be pakeitimų ir galioja. Pirmasis skaičius rodo paskutinius leidinio tiražavimo metus.

ISBN 5-430-03749-4

Turinys

Svarbesnės VII klasės kurso žinios / **6**

1. Mechaninis judėjimas

1. 1. Mechaninio judėjimo samprata / **10**
1. 2. Tiesiaeigis ir kreivaeigis judėjimas / **12**
1. 3. Atskaitos sistema / **13**
1. 4. Kelias / **15**
1. 5. Greitis / **17**
1. 6. Vidutinis greitis / **19**
1. 7. Kelio ir laiko apskaičiavimas / **23**
1. 8. Pagreitis / **25**
1. 9. Kreivaeigis judėjimas / **28**
1.10. Judėjimas apskritimu / **30**

Skyriaus „Mechaninis judėjimas" santrauka / **34**

2. Kūnų sąveikos dėsniai

2.1. Inercijos dėsnis / **38**
2.2. Kūno masė / **40**
2.3. Jėga / **41**
2.4. Jėgos, masės ir pagreičio sąryšis / **44**
2.5. Veiksmo ir atoveikio jėgos / **47**

Skyriaus „Kūnų sąveikos dėsniai" santrauka / **49**

3. Jėgų rūšys

3.1. Tamprumo jėga / **52**
3.2. Jėgos matavimo prietaisai / **54**
3.3. Gravitacinė kūnų sąveika. Sunkio jėga / **56**
3.4. Kūno svoris / **59**
3.5. Trinties jėga / **61**
3.6. Įcentrinė jėga / **66**
3.7. Jėgų atstojamoji / **67**

Skyriaus „Jėgų rūšys" santrauka / **71**

4. Mechaninis darbas. Galia. Mechaninė energija

4.1. Mechaninis darbas / 74
4.2. Galia / 76
4.3. Mechaninės energijos samprata / 78
4.4. Potencinė energija / 80
4.5. Kinetinė energija / 82
4.6. Energijos tvermės dėsnis mechaniniuose procesuose / 83

Skyriaus „Mechaninis darbas. Galia. Mechaninė energija" santrauka / 87

5. Mechaniniai svyravimai ir bangos

5.1. Periodiniai procesai / 90
5.2. Laisvasis ir priverstinis svyravimas / 94
5.3. Mechaninės bangos / 97
5.4. Bangų rūšys / 99

Skyriaus „Mechaniniai svyravimai ir bangos" santrauka / 103

6. Garsas

6.1. Garso prigimtis / 106
6.2. Garso greitis / 108
6.3. Garso sklidimo ypatybės / 112
6.4. Garso rūšys / 114
6.5. Garso apibūdinimas / 118

Skyriaus „Garsas" santrauka / 123

7. Kūnų pusiausvyra

7.1. Jėgos momentas / 126
7.2. Masės centras / 130
7.3. Pusiausvyros rūšys / 131

Skyriaus „Kūnų pusiausvyra" santrauka / 135

8. Paprastieji mechanizmai

8.1. Svertas / 138
8.2. Skridinys / 143

8.3. Nuožulnioji plokštuma / 146
8.4. Auksinė mechanikos taisyklė / 147
8.5. Naudingumo koeficientas / 149

Skyriaus „Paprastieji mechanizmai" santrauka / 151

9. Slėgis

9.1. Kietųjų kūnų slėgis / 154
9.2. Skysčių ir dujų slėgis / 157
9.3. Skysčių stulpelio slėgis / 160
9.4. Susisiekiantieji indai / 163
9.5. Vandentiekis. Šliuzai / 166
9.6. Manometrai / 168
9.7. Hidraulinis presas / 170

Skyriaus „Slėgis" santrauka / 173

10. Atmosfera

10.1. Atmosferos samprata / 176
10.2. Atmosferos slėgis / 178
10.3. Barometras / 181
10.4. Praktinis atmosferos slėgio taikymas / 183

Skyriaus „Atmosfera" santrauka / 187

11. Kūnai skysčiuose (dujose)

11.1. Archimedo jėga / 190
11.2. Archimedo dėsnis / 191
11.3. Kūnų plūduriavimas / 195
11.4. Vandens transportas / 198
11.5. Oreivystė / 199

Skyriaus „Kūnai skysčiuose (dujose)" santrauka / 202

Priedai

Priešdėliai kartotiniams ir daliniams matavimo vienetams sudaryti / 203
Kai kurių medžiagų tankis / 203
Užduočių atsakymai / 204
Dalykinė ir pavardžių rodyklė / 205
Panaudotų iliustracijų šaltiniai / 207

Svarbesnės VII klasės kurso žinios

Fizika tiria:

- **fizikìnius réiškinius** — gamtoje vykstančius reiškinius, dėl kurių vienos medžiagos nevirsta kitomis;
- **fizikìnius kū́nus** — aplinkos daiktus, taip pat ribotą medžiagos kiekį;
- **mẽdžiagas** ir jų savybes.

Reiškinių, kūnų bei medžiagų savybes apibūdina **fizikìniai dýdžiai**.

Fizikiniai dydžiai ir jų **matãvimo víenetai:**

- ilgis $[l] = 1$ m;
- plotas $[S] = 1$ m^2;
- tūris $[V] = 1$ m^3;
- laikas $[t] = 1$ s;
- masė $[m] = 1$ kg;
- temperatūra $[t] = 1$ °C;
- medžiagos tankis $[\rho] = 1$ kg/m^3.

Mẽdžiagų bū́senos: kietoji, skystoji, dujinė.

Molèkulė — smulkiausia daugelio medžiagų dalelė, turinti toms medžiagoms būdingų cheminių savybių.

Atòmas — mažiausia cheminio elemento dalelė.
Atomas sudarytas iš:

- teigiamą krūvį turinčio branduolio,
- elektronų, kurių krūvis neigiamas.

Atomas, netekęs vieno ar kelių elektronų, vadinamas **teigiamúoju jonù**.
Atomas, prisijungęs vieną ar kelis papildomus elektronus, vadinamas **neigiamúoju jonù**.

Temperatūrà — fizikinis dydis, apibūdinantis šiluminę kūnų būseną.

Šviesa iš šaltinio sklinda į visas puses tiesiomis linijomis.

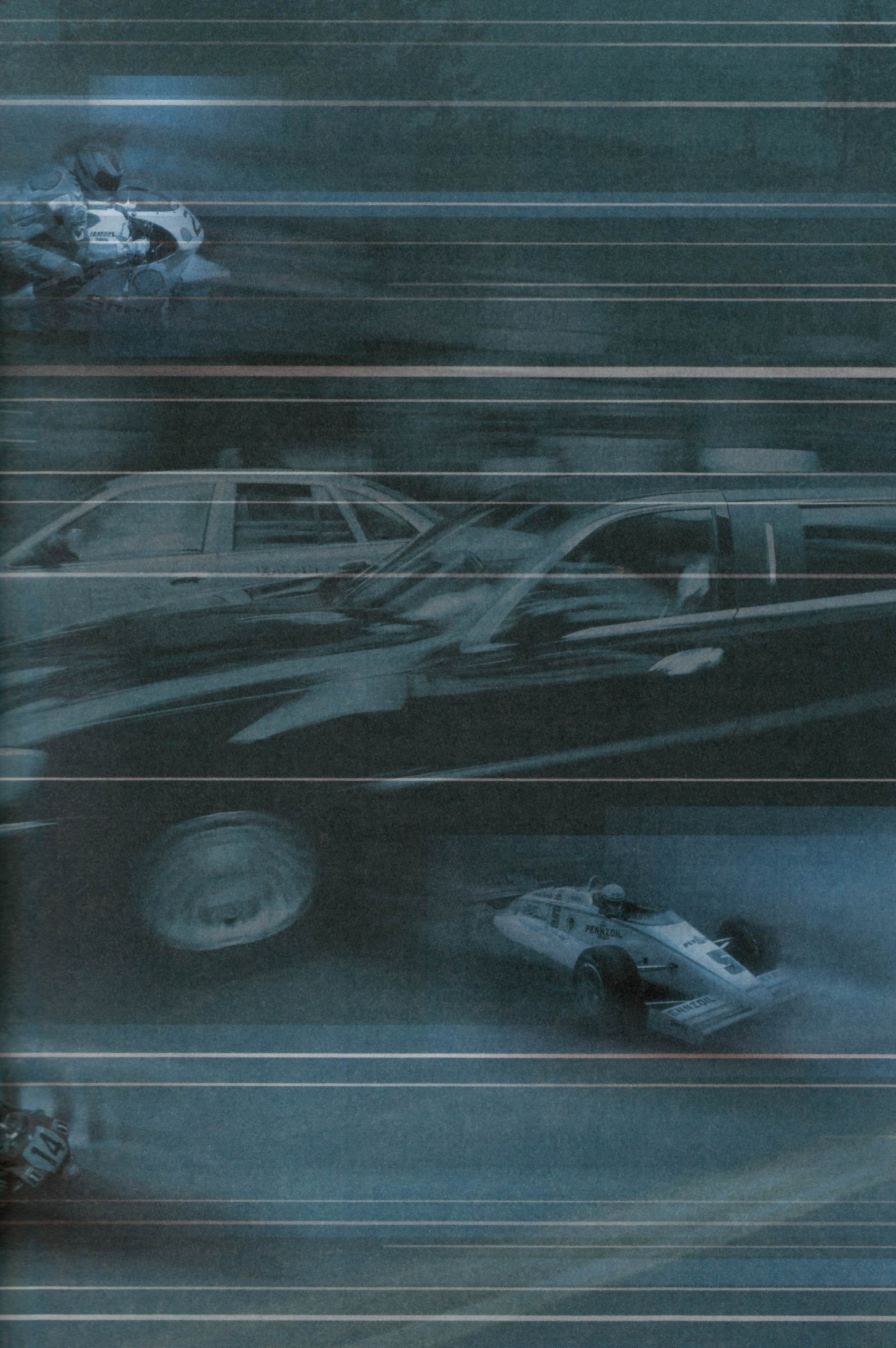
Šviesõs ãtspindžio désnis:
- krintantysis spindulys, atsispindėjęs spindulys ir statmuo veidrodžio paviršiui spindulio kritimo taške yra vienoje plokštumoje;
- spindulio atspindžio kampas lygus to spindulio kritimo kampui.

Šviesõs lūžìmas:
- krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje;
- šviesai pereinant iš oro į stiklą ar vandenį, kritimo kampas yra didesnis už lūžio kampą.

Elèktros srovė̃:
- kryptingas elektronų arba jonų judėjimas vadinamas elektros srove;
- elektros srovė grandine teka iš teigiamojo elemento poliaus neigiamojo link.

VIII klasėje mokydamiesi fizikos, papildomos medžiagos rasite internete:

- http://ftf.vpu.lt/edu
- http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
- http://physics.nist.gor/cuu/index.html
- http://groups.physics.umn.edu/demo
- http://www.physics.ru


PENNZOIL

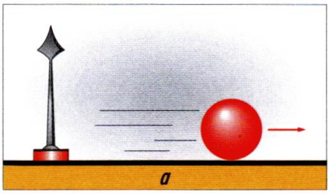


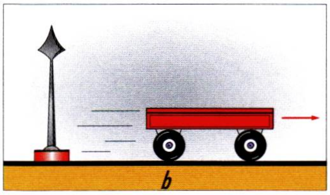
1 Mechaninis judėjimas

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- mechaninio judėjimo reiškiniu;
- trajektorijos sąvoka;
- judėjimo rūšimis: tiesiaeigiu judėjimu, kreivaeigiu judėjimu;
- atskaitos sistema;
- mechaninį judėjimą apibūdinančiais dydžiais: keliu, greičiu, vidutiniu greičiu, pagreičiu.

1.1. Mechaninio judėjimo samprata





1.1 pav.

Dažnai matome skrendantį paukštį, einantį žmogų, važiuojantį automobilį ar traukinį, krintančius lietaus lašus, snaiges. Visais šiais atvejais galima sakyti, kad kūnai juda, nes kinta jų padėtis kitų kūnų atžvilgiu.

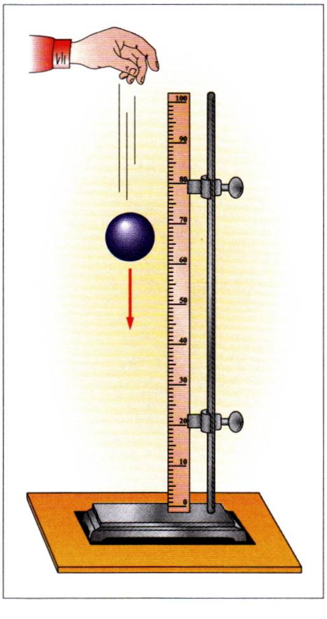
1 bandymas. Ant stalo pastatykime iš storo popieriaus ar kartono iškirptą rodyklę ir paleiskime stalu riedėti rutuliuką (1.1 pav., *a*) arba vežimėlį (1.1 pav., *b*). Matysime, kad jų padėtis rodyklės bei stalo paviršiaus atžvilgiu keičiasi.

2 bandymas. Rutuliuką paleiskime kristi žemyn. Jo padėtis kis liniuotės bei šalia jos pastatyto stovo stiebo atžvilgiu (1.2 pav.).

1 pavyzdys. Stebėkite einančio laikrodžio rodyklių galą. Jo padėtis ciferblato (vok. *Ziffer* — skaitmuo + *Blatt* — lapas) atžvilgiu kinta — valandinės ir minutinės rodyklės galas juda apskritimu.

Iš pateiktų pavyzdžių ir bandymų matyti, kad judantys kūnai keičia savo padėtį kitų kūnų atžvilgiu.

1.2 pav.



Kūnų padėties kitimas kitų kūnų atžvilgiu vadinamas mechãniniu judéjimu.

Pasidairę po fizikos kabinetą, čia matome daug kūnų, nejudančių netoliese esančių daiktų atžvilgiu: klasės lentą, laboratorinius stalus, spintą, knygas ir t. t. Tačiau tik iš pirmo žvilgsnio jie atrodo nejudantys. Juk visa, kas čia yra, kartu su Žeme dideliu greičiu (≈ 30 km/s) skrieja aplink Saulę. Visatoje viskas juda. Todėl judėjimo ar rimties būsena yra santykinė, arba reliatyvi (lot. *relativus* — santykinis).

2 pavyzdys. Įsivaizduokite, kad sėdite geležinkelio stotyje stovinčio traukinio vagone, o ant gretimų bėgių stovi kitas traukinys. Po kurio laiko šis pradeda judėti. Jį stebėdami, pajuntate, kad imate važiuoti jūs. Tik pravažiavus paskutiniam gretimo traukinio vagonui, įsitikinate, jog stovite vietoje. Tai ryškus judėjimo reliatyvumo pavyzdys.

Užduotys

1. Sėdite važiuojančio traukinio vagone. Ar judate vagono, jo grindų, geležinkelio bėgių, lokomotyvo, pageležinkelės kilometrinių stulpų bei medžių atžvilgiu?

2. Upe plaukia sielis. Kurių fizikinių kūnų atžvilgiu sielio padėtis kinta? Kurių kūnų atžvilgiu ji yra pastovi?

3. Skrendančio lėktuvo salone, ant laisvo krėslo, padėtas laikraštis. Kurių kūnų atžvilgiu jis juda, o kurių — ne?

4. Kurių kūnų atžvilgiu važiuojančio dviračio ventilis juda, o kurių — ne?

5. Žvyrkeliu važiuoja vikšrinis traktorius. Kaip juda kelio atžvilgiu viršutinė ir apatinė traktoriaus vikšrų dalis?

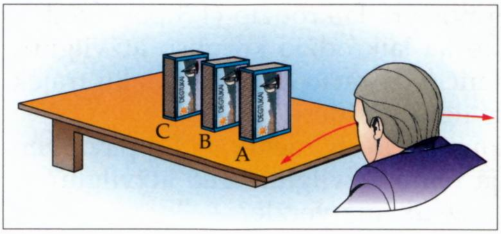
6. Autostrada Kaunas—Klaipėda į tą pačią pusę vienas šalia kito važiuoja du automobiliai. Ar galima teigti, kad jie juda vienas kito, pakelės medžių atžvilgiu?

7. Iš derlių nuimančio kombaino bunkerio reikia supilti grūdus į savivartį. Kaip tai padaryti nestabdant kombaino?

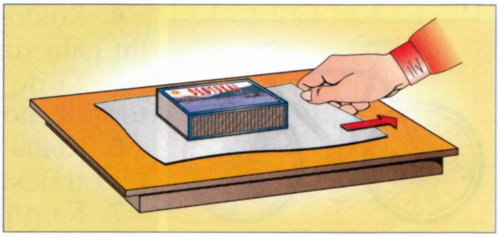
8. Ant stalo pastatykite tris degtukų dėžutes (1.3 pav.). Žiūrėdami į dėžutę *B*, pakreipkite galvą į kairę ir į dešinę. Ar neatrodo, kad dėžutė *B* stovi vietoje, o dėžutės *A* ir *C* juda? Kuriomis kryptimis jos „juda"?

9. Degtukų dėžutę arba medinę trinkelę padėkite ant popieriaus lapo (1.4 pav.). Pabandykite lėtai ir staigiai patraukti popieriaus lapą. Kiekvieną sykį nurodykite, kokios būsenos (judėjimo ar rimties) vienas kito atžvilgiu yra stalas, popieriaus lapas, dėžutė ar trinkelė.

1.3 pav.



1.4 pav.



1.2. Tiesiaeigis ir kreivaeigis judėjimas

Trajektorija

Pėdsaką sniege palieka slidininkas, šviečiančią juostą danguje — krintantis meteoras. Kaip judėjo vežimas, matyti iš vėžių gruntiniame kelyje.

Bandymas. Greitai mosikuokime į kairę ir į dešinę degančiu degtuku ar žibintuvėliu. Matysime beveik ištisinę šviesią liniją.

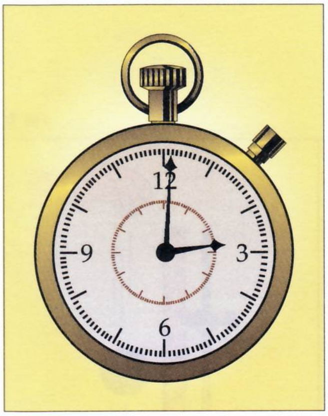
Visais paminėtais atvejais kūnas judėdamas pereina iš vieno taško į kitą. Juos sujungę, gauname tam tikrą liniją: tiesę, laužtę, kreivę ir pan.

Linija, kuria juda kūnas, vadiname to kūno judėjimo trajektòrija (lot. *trajectorius* — susijęs su persikėlimu).

Judėjimo rūšys

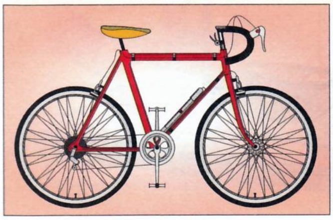
Pagal trajektorijos formą judėjimas skirstomas į tiesiaeigį ir kreivaeigį. Judėjimas tiesia linija vadinamas **tiesiaeigiù**, o judėjimas kreive — **kreivaeigiù**.

Judėjimo trajektorija taip pat reliatyvi. Jos forma priklauso nuo kūno, kurio atžvilgiu nagrinėjamas judėjimas. Antai dviračio ventilio trajektorija rato ašies atžvilgiu yra apskritimas, o kelio atžvilgiu — labai sudėtinga kreivė.



1.5 pav.

1.6 pav.



Užduotys ??

1. Pateikite tiesiaeigio ir kreivaeigio judėjimo pavyzdžių.

2. Kaip galima pavadinti kreidos judėjimą, kai rašoma ja lentoje?

3. Kokia yra tiesiai važiuojančio automobilio ratų ašies trajektorija kelio atžvilgiu?

4. Kokios formos yra laikrodžio (1.5 pav.) rodyklių galų trajektorija laikrodžio korpuso atžvilgiu?

5. Kurių judančio dviračio (1.6 pav.) dalių trajektorija kelio atžvilgiu yra tiesė?

6. Kokia važiuojančio dviračio (žr. 1.6 pav.) ventilio trajektorija rėmo atžvilgiu, kelio atžvilgiu?

7. Kaip juda užsukama veržlė?

1.3. Atskaitos sistema

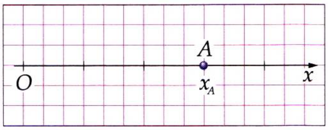
Atskaitos kūnas

Apibūdinant mechaninį kūno judėjimą, labai svarbu nustatyti judančio kūno padėtį tam tikrais laiko momentais. Tai padaryti nesunku. Reikia tik pasirinkti kitą kūną, kurio atžvilgiu ir nusakoma pirmojo padėtis. Pavyzdžiui, stovime šalikelėje greta kilometrinio stulpo. Jei automobilis artėja prie to stulpo ar tolsta nuo jo, tai akivaizdu, kad automobilis juda, jei sustoja ties kilometriniu stulpu, tai šio stulpo atžvilgiu nejuda. Be to, galima pasakyti, kokiu atstumu automobilis yra nuo tam tikros vietovės, nes kilometrai iki jos pažymėti ant šio stulpo.

Kūnas, kurio atžvilgiu nustatoma judančio ar stovinčio kūno padėtis, vadinamas **atskaitõs kū́nu**.

Atskaitos kūnas pasirenkamas visiškai laisvai. Jei nagrinėjamas kūnas juda dideliais atstumais, atskaitos kūnas gali būti kilometrinis stulpas, medis, namas, kartais net vietovė, pavyzdžiui, kai kalbama apie automobilio nuvažiuotą kelią iš Vilniaus į Klaipėdą. Jei judančio kūno matmenys yra daug mažesni už nueitą atstumą, dažniausiai jų galima nepaisyti. Kūnas, kurio matmenų galima nepaisyti, fizikoje vadinamas **materialiúoju taškù**.

Norint tiksliai apibūdinti kūno judėjimą, reikia žinoti, kaip bėgant laikui kinta jo padėtis atskaitos kūno atžvilgiu. Čia mums padeda su atskaitos kūnu susieta koordinačių sistema ir laikrodis.



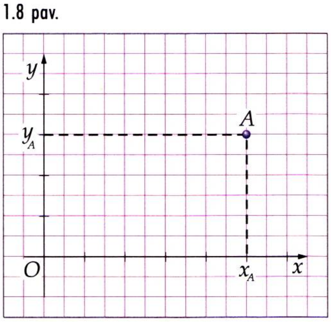
1.7 pav.

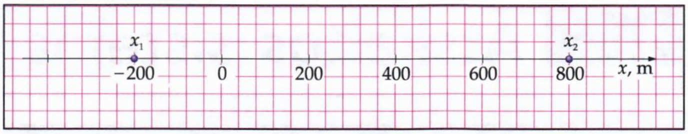
Koordinačių sistema

Mokydamiesi matematikos, su **koordinãčių sistemà** jau susipažinote. (Prisiminkime, jog ją sudaro viena koordinačių ašis arba dvi tarpusavyje statmenos ašys, kurių kiekvienoje pasirenkama kryptis, atskaitos pradžia ir vienetinė atkarpa.) Mokate nusakyti koordinatėmis taško padėtį tiesėje ir plokštumoje.

Kūno (materialiojo taško) A padėtį pasirinktoje koordinačių ašyje galima apibūdinti viena koordinate x_A (1.7 pav.), tuo tarpu plokštumoje — dviem koordinatėmis x_A ir y_A (1.8 pav.).

1.8 pav.





1.9 pav.

Šiame vadovėlyje dažniausiai nagrinėsime kūno judėjimą tiesia linija.

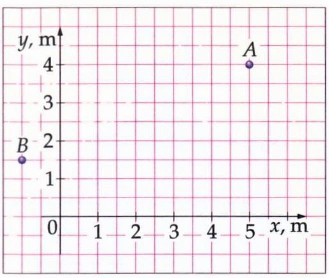
Pavyzdys. Tiesiu keliu eina du žmonės. Vienam iki kilometrinio stulpo dar reikia nueiti 200 m, kitas nuo jo jau nutolo 800 m. Pasirinkus koordinačių pradžia (atskaitos kūnu) kilometrinį stulpą ir išvedus koordinačių ašį *Ox* (1.9 pav.), galima taip nusakyti keleivių koordinates: pirmojo $x_1 = -200$ m, antrojo $x_2 = 800$ m.

Kūno koordinatė, esanti į kairę nuo koordinačių pradžios, yra neigiama ir rašoma su minuso ženklu, o esanti į dešinę — teigiama. Teigiamos koordinatės rašomos be pliuso ženklo.

Laiko matavimo prietaisas

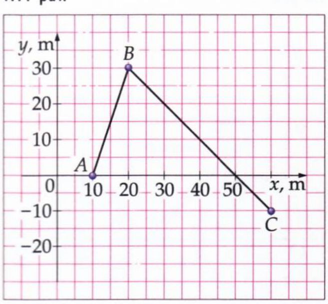
Praktiškai mums labai svarbu žinoti ne kūno koordinates apskritai, bet jo koordinates tam tikru laiko momentu. Taigi nustatant kūno padėtį, reikia pažymėti laiką. Tam tikslui naudojamas laikrodis ar kitas laiko matavimo prietaisas.

Atskaitos kūnas, koordinačių sistema ir laiko matavimo prietaisas sudaro ***atskaitõs sistèmą****.*



1.10 pav.

1.11 pav.



Užduotys ??

1. Nurodykite 1.10 paveiksle pažymėtų taškų *A* ir *B* koordinates.

2. 1.11 paveiksle pavaizduota kūno judėjimo iš taško *A* į tašką *C* trajektorija *ABC*. Nurodykite taškuose *A*, *B* ir *C* esančio kūno koordinates.

3. Kūnas pasislinko iš taško, kurio koordinatė $x_1 =$ $= -5$ m, į tašką, kurio koordinatė $x_2 = 15$ m. Koordinačių ašyje pažymėkite pradinę ir galinę kūno padėtį.

4. Kūno koordinatės yra tokios: $x = 4$ m, $y = 3$ m. Brėžiniu pavaizduokite to kūno padėtį.

1.4. Kelias

Kelias dulka, raitos, bėga
Per kalvynus, per laukus, —
Kur tranki daina nemiega
Ir kur vakaras tykus...

Mylių myliom rėžia molį
Ratų pėdsakas sunkus,
Į būties miglotą tolį
Nusiteisęs per laukus...

Jurgis Baltrušaitis. Kelias

Tai įdomu!

- *Lietuvoje pirmieji kietos dangos keliai — plentai — nutiesti 1820—1860 metais. 2000 metais bendras kelių ilgis siekė 75 243 km, iš jų 11 972 km — su asfaltbetonio danga.*
- *Petras Silkinas Lietuvoje per parą be poilsio yra nubėgęs 238 km.*

Žodį „kelias" kiekvienas girdėjome iš pat mažens. Tai žemės ruožas, kuriuo einama arba važiuojama. Fizikoje šis žodis turi dar ir kitokią prasmę.

Judėdamas kūnas per tam tikrą laiką (laiko tarpą) nueina didesnį ar mažesnį atstumą, kuris apibūdinamas fizikiniu dydžiu — **nueitúoju keliù** arba tiesiog **keliù**.

Nueitasis kelias yra lygus judėjimo trajektorijos ilgiui. Paprastai jis žymimas raide s ir matuojamas ilgio vienetais *mètrais*:

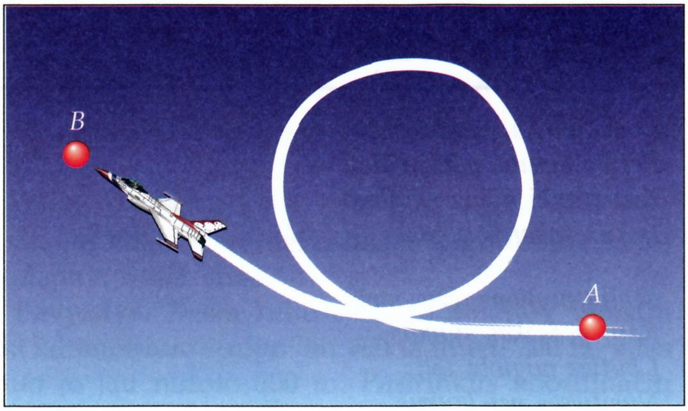
$$[s] = 1 \text{ m}.$$

Ilgesniam ar trumpesniam už 1 m keliui matuoti vartojami kartotiniai arba daliniai ilgio vienetai: *kilomètras* (km), *decimètras* (dm), *centimètras* (cm), *milimètras* (mm) ir t. t. Pavyzdžiui, automobilio, nuvažiavusio iš Vilniaus į Palangą, nueitas kelias yra 336 km, o vynuoginės sraigės per minutę nueitas kelias — 10 cm.

1.2 skyrelyje sakėme, kad judėjimas pagal trajektorijos formą gali būti tiesiaeigis ir kreivaeigis. Judėjimas skirstomas ir pagal kitokius požymius. Pavyzdžiui, pagal nueito kelio ir laiko ryšį jis gali būti tolýginis ir netolýginis.

Jei kūnas per bet kuriuos lygius laiko tarpus nueina vienodą kelią, tai toks judėjimas vadinamas **tolýginiu**, jei nevienodą — **netolýginiu**, arba **kintamúoju**.

Tolyginį judėjimą gyvenime matome retai. Dažniausiai kūnai juda netolygiai. Ir geros autostrados lygiame ruože pasitaiko nedidelių kauburėlių ar



1.12 pav.

nuokalnių. Vairuotojui nejučiomis paspaudus ar atleidus pedalą, į variklį gali patekti daugiau ar mažiau degalų. Dėl šių priežasčių pakinta judėjimo pobūdis — automobilis per bet kuriuos lygius laiko tarpus nuvažiuoja nevienodą atstumą.

Užduotys

1. Ar vienodą kelią nurieda visi tiesiai važiuojančio automobilio ratai?

2. Ar tokį pat kelią nurieda automobilio ratai per posūkį?

3. Ar vienodą kelią nuvažiuoja elektrovežis ir paskutinis traukinio vagonas?

4. Ar tokį pat kelią nurieda vingiuotu keliu važiuojančio automobilio ratai tarp dviejų miestų?

5. 1.12 paveiksle pavaizduota lėktuvo skridimo trajektorija. Siūlu ir liniuote išmatuokite kelią, kurį lėktuvas nuskrido tarp taškų *A* ir *B*. Brėžinio mastelis yra 1 : 100 000.

6. Plaustas per pirmą valandą Merkiu nuplaukė 4 km, per antrą valandą — 4 km, per trečią — 4 km ir t. t. Ar galima plausto judėjimą pavadinti tolyginiu?

7. Pateikite keletą netolyginio kūnų judėjimo pavyzdžių.

8. Skruzdėlė eina išilgai laido, sulenkto apskritimu, kurio spindulys 5 cm. Kokio ilgio kelią ji įveikia nuėjusi vieną ratą?

1.5. Greitis

Judėjimo sparta

Iš patyrimo žinome, kad įvairūs kūnai juda nevienoda sparta. Akivaizdu, kad automobilis važiuoja greičiau už dviratį, o lėktuvas juda greičiau už automobilį. Krepšinio aikštelėje, bėgimo take ar vandens baseine matome, kaip vieni sportininkai pralenkia kitus.

Pabandykime įvairių kūnų nueitą kelią susieti su tų kūnų judėjimo laiku.

Pavyzdys. Įsivaizduokime, kad automobilis, judėdamas tolygiai,

36 km	nuvažiuoja	per 0,5 h,
72 km	—	per 1 h,
108 km	—	per 1,5 h,
144 km	—	per 2 h.

Padaliję automobilio nuvažiuotą kelią iš judėjimo laiko, visais atvejais gauname 72 km/h.

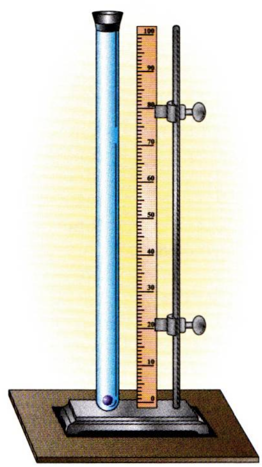
Bandymas. 1 m ilgio siaurą stiklinį vamzdelį pripilkime vandens, palikdami jame šiek tiek oro. Užkimškime vamzdelį ir vartykime jį taip, kad kiekvieną kartą oro burbuliukas atsidurtų apačioje (1.13 pav.). Galėsime stebėti, kaip jis kyla į viršų. Šalia vamzdelio pastatykime demonstracinę liniuotę. Ja išmatavę burbuliuko nueitą kelią, o laikrodžiu — jo kilimo laiką, gauname tokius rezultatus:

0,2 m	pakyla	per 4 s,
0,4 m	—	per 8 s,
0,6 m	—	per 12 s,
0,8 m	—	per 16 s.

Padaliję oro burbuliuko nueitą kelią iš kilimo laiko, visais atvejais gauname 0,05 m/s.

Greitis

Kaip matyti iš pavyzdžio ir bandymo, padaliję įvairius atstumus iš jiems nueiti sugaišto laiko, gavome tuos pačius rezultatus. Jie gali apibūdinti automobilio ir oro burbuliuko judėjimo spartą.



1.13 pav.

Tai įdomu!

• *Jūreivystėje laivų greitis matuojamas mazgais:*
1 mazgas = 1 jūrmylė/h.
Kadangi viena jūrmylė lygi 1,852 km, tai 1 mazgas = 1,852 km/h ≈ 0,514 m/s.
Kaip atsirado mazgas? Burlaivio greitį matuodavo jūreivis išmesta iš laivagalio virve su plūdriuoju inkaru gale. Kas 1/120 jūrmylės (15,43 m) būdavo surišti jos mazgai. Kiek virvės mazgų jūreivis suspėdavo perleisti per rankas per 30 s, tiek mazgų ir būdavo lygus burlaivio greitis.

Tai įdomu!

- *Kai kurie greičiai*

Plauko augimo	1—1,5 cm/mėn.
Vynuoginės sraigės	10 cm/min ≈ ≈ 1,7 mm/s
Pėsčiojo	1,8 m/s
Parašiutininko	4 m/s
Dviratininko	5 m/s
Žvirblio	30 km/h ≈ ≈ 8,3 m/s
Lietaus lašo	9 m/s
Greičiausio gyvūno gepardo	96—101 km/h
Sakalo keleivio (pikiruojančio į grobį)	300 km/h ≈ ≈ 83 m/s
Garso (ore)	340 m/s ≈ ≈ 1230 km/h
Žemės sukimosi apie Saulę	29,7 km/s = = 106 920 km/h
Žemės palydovo	8000 m/s
Šviesos	300 000 km/s

- *Pasaulinis judėjimo žeme greičio rekordas yra 1227 km/h. Jį 1997 metais pasiekė Britonas Endis Grinas (B. E. Gren) reaktyviniu automobiliu „Thrust SSC".*

Fizikinis dydis, nusakantis kūno judėjimo spartą, vadinamas **greičiù** ir dažniausiai žymimas raide v.

Taigi norint sužinoti tolygiai judančio kūno greitį, reikia to kūno nueitą kelią padalyti iš judėjimo laiko:

$$\text{greitis} = \frac{\text{nueitasis kelias}}{\text{laikas}}, \quad \text{arba} \quad v = \frac{s}{t}.$$

Tolygiai judančio kūno greičio skaitinė vertė lygi keliui, kurį tas kūnas nueina per vienetinį laiko tarpą.

Pagrindinis greičio matavimo vienetas tarptautinėje vienetų sistemoje (SI) yra *mètras per̃ sekùndę*:

$$[v] = \left[\frac{s}{t}\right] = \frac{1\text{ m}}{1\text{ s}} = 1\text{ m/s}.$$

Praktikoje vartojami ir kiti greičio matavimo vienetai: *kilomètras per̃ vãlandą* (km/h), *mètras per̃ minùtę* (m/min), *centimètras per̃ sekùndę* (cm/s) ir t. t. Palyginkime kai kuriuos jų:

$$1\text{ km/h} = \frac{1000\text{ m}}{60\text{ min}} \approx 16{,}7\text{ m/min};$$

$$1\text{ km/h} = \frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}} \approx 0{,}28\text{ m/s} = 28\text{ cm/s};$$

$$1\text{ m/s} = \frac{0{,}001\text{ km}}{\frac{1}{3600}\text{ h}} = 3{,}6\text{ km/h}.$$

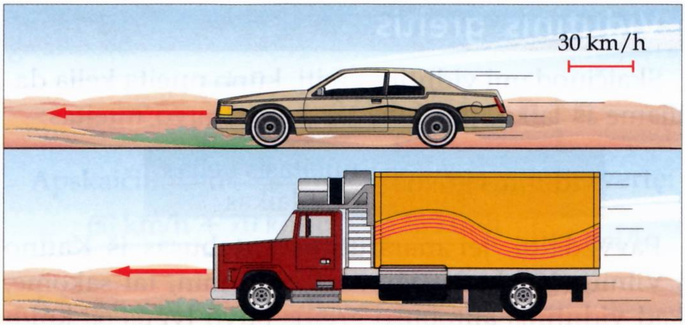
Užduotys ??

1. Pagal kūnų nueitą kelią ir judėjimo laiką apskaičiuokite jų greitį:

Nueitas kelias s	Judėjimo laikas t	Greitis v	
		km/h	m/s
360 km	5 h		
2,7 km	0,5 h		
5,4 km	0,1 h		
4,5 km	6 min		
600 m	30 s		

2. Automobilis važiuoja 72 km/h greičiu. Išreikškite šį greitį metrais per sekundę.

3. Kregždė gali skristi 50 m/s greičiu. Išreikškite šį greitį kilometrais per valandą.



1.14 pav.

4. Kad dirbtinis palydovas galėtų skrieti aplink Žemę, jis turi judėti ne mažesniu kaip 7,9 km/s ir ne didesniu kaip 11,2 km/s greičiu. Išreikškite šiuos greičius kilometrais per valandą.

5. Kiškio greitis 15 m/s, delfino — 72 km/h. Kurio gyvūno greitis didesnis?

6. Kokiu greičiu važiuoja automobiliai (1.14 pav.)?

7. Slidininkas per 1 h 20 min tolygiai nušliuožė 25 km. Apskaičiuokite slidininko greitį.

8. Kokiu greičiu tolygiai turi važiuoti dviratininkas, kad per 15 min įveiktų 7 km?

1.6. Vidutinis greitis

Momentinis greitis

Transporto priemonių greičiui matuoti naudojami prietaisai, kurie vadinami spidomètrais (angl. *speed* — greitis + gr. *metron* — matas). Jų skalė sugraduota greičio vienetais (1.15 pav.). Spidometras rodo greitį tam tikru važiavimo momentu. Tokį greitį vadiname **momeñtiniu greičiù**.

Anksčiau (p. 17) išnagrinėjome automobilio judėjimo pavyzdį. Tai buvo viso labo mintinis eksperimentas. Taip važiuoti automobilis gali tik mūsų vaizduotėje. Gyvenime daugiausia matome kūnus, judančius ne pastoviu, o kintamu greičiu. Todėl dažniausiai kalbame apie **vidutìnį greĩtį**.

1.15 pav.



Vidutinis greitis

Skaičiuodami vidutinį greitį, kūno nueitą kelią dalijame iš laiko, per kurį tas kelias buvo nueitas:

$$\text{vidutinis greitis} = \frac{\text{nueitasis kelias}}{\text{laikas}}.$$

Pavyzdžiui, jei maršrutinis autobusas iš Kauno į Vilnių (100 km) važiavo 1 h 40 min, tai sakome, kad vidutinis autobuso greitis buvo lygus 60 km/h $\left(100\text{ km} : 1\frac{2}{3}\text{ h} = 60\text{ km/h}\right)$, nors per šį laiką autobusas po keletą minučių stovėjo stotelėse, Kauno ir Vilniaus gatvėmis važiavo ne didesniu nei 50 km/h greičiu, o kai kuriomis autostrados atkarpomis — 80 km/h greičiu.

Vidutinį greitį žymėsime įprastu greičio simboliu, tik su brūkšneliu virš jo: $\overline{v}$, o kartais — su indeksu, t. y. v_{vid}. Tada vidutinio greičio formulę simboliais galėsime užrašyti taip:

$$\overline{v} = \frac{s}{t}.$$

Vidutinio greičio matavimo vienetas

$$[\overline{v}] = 1\text{ m/s}.$$

Uždavinys. Pusę laiko iš vienos vietovės į kitą traukinys važiavo 60 km/h greičiu, kitą pusę — 70 km/h greičiu. Apskaičiuokime vidutinį traukinio greitį visame kelyje.

$t_1 = t_2 = \frac{1}{2}t$

$v_1 = 60$ km/h

$v_2 = 70$ km/h

$\overline{v}$ — ?

Sprendimas

Sakykime, atstumas tarp vietovių yra s. Tada

$$\overline{v} = \frac{s}{t} = \frac{s_1 + s_2}{t};$$

čia s_1 — traukinio per laiką t_1 greičiu v_1 nuvažiuotas kelias, s_2 — to paties traukinio per laiką t_2 greičiu v_2 nuvažiuotas kelias.

Randame s_1 ir s_2:

$$s_1 = v_1 t_1 = \frac{1}{2}v_1 t,$$

$$s_2 = v_2 t_2 = \frac{1}{2}v_2 t.$$

Įrašę šias reikšmes į vidutinio greičio išraišką, gauname:

$$\overline{v} = \frac{\frac{1}{2}v_1 t + \frac{1}{2}v_2 t}{t} = \frac{\frac{1}{2}t(v_1 + v_2)}{t} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Apskaičiuojame skaitinę vidutinio greičio vertę:

$$\overline{v} = \frac{60\ \text{km/h} + 70\ \text{km/h}}{2} = \frac{130\ \text{km/h}}{2} = 65\ \text{km/h}.$$

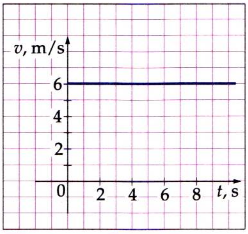
A t s a k y m a s: 65 km/h.

Kalbėdami apie kūno nueitą kelią, apibrėžėme tolyginį ir netolyginį judėjimą. Dabar pateiksime šių judėjimų apibrėžimus, pagrįstus greičio sąvoka.

Tolýginiu tiesiaeigiù judė́jimu vadinamas kūno judėjimas tiesiu keliu pastoviu greičiu.

Tolyginio tiesiaeigio judėjimo pavyzdžiai: anksčiau (p. 17) paminėtas automobilio ir oro burbuliuko judėjimas.

Tiesiai ir tolygiai judančio kūno greitį pavaizduokime grafiškai:

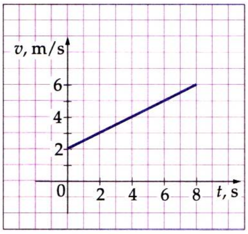


Kūno greitis visą judėjimo laiką yra pastovus.

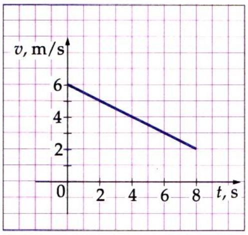
Netolýginiu tiesiaeigiù judė́jimu vadinamas kūno judėjimas tiesiu keliu nepastoviu greičiu.

Netolyginio judėjimo pavyzdžiai: laisvai krintančio akmens ar medžio lapo, pradedančio važiuoti arba stabdomo automobilio judėjimas, krepšininko bėgiojimas aikštelėje per rungtynes.

Tiesiai, bet netolygiai judančio kūno greitį pavaizduokime grafiškai (tarkime, kad kūno greitis per lygius laiko tarpus pakinta vienodai):



Kūno greitis per lygius laiko tarpus padidėja tokiu pat dydžiu.



Kūno greitis per lygius laiko tarpus sumažėja tokiu pat dydžiu.

Užduotys

1. Tiesiu ir lygiu autostrados ruožu automobilis 1 km tolygiai nuvažiavo per 30 s. Kokio didumo greitį rodė automobilio spidometras?

2. Kaip gali automobilio vairuotojas patikrinti spidometro rodmenį, jei turi tik sekundmatį?

3. Gyvenviete automobilis 200 m nuvažiavo per 10 s. Apskaičiuokite vidutinį jo greitį. Ar galėjo vairuotoją nubausti kelių policininkas?

4. Per 5 h 30 min dviratininkas įveikė 99 km. Kokiu vidutiniu greičiu jis važiavo?

5. 100 m distanciją bėgimo rekordininkas įveikia per 9,92 s. Apskaičiuokite vidutinį bėgiko greitį ir išreikškite jį metrais per sekundę bei kilometrais per valandą.

6. Nuo Vìlniaus iki Krýžkalnio yra 200 km. Jeronimas šį atstumą automobiliu nuvažiavo per 2,5 h. Pakeliui jis buvo sustojęs pusvalandžiui pailsėti. Kokiu vidutiniu greičiu važiavo Jeronimo automobilis?

7. Nuo Anýkščių iki Ukmergẽs yra 40 km. Kokiu vidutiniu greičiu šį atstumą nuvažiavo automobilis, jei kelionė truko 0,5 h?

8. Kildamas iš 18 m gelmės, naras pirmuosius 12 m įveikė per 4 min, o kitus 6 m — per 16 min. Kokiu vidutiniu greičiu kilo naras?

9. Sportininkas 100 m ilgio distanciją nubėgo taip: pirmuosius 50 m — per 5 s, kitus 24 m — per 3 s, o paskutinius 26 m — per 4 s. Koks buvo vidutinis sportininko greitis kiekviename ruože ir visame kelyje?

10. Lengvasis automobilis „Škoda Felicia“, važiuodamas 100 km 90 km/h greičiu, suvartoja 6 l benzino, o 120 km/h greičiu — 8 l. Kokį atstumą jis galėtų įveikti minėtais greičiais, sudegindamas 36 l benzino? Kiek toliau nuvažiuotų automobilis 90 km/h greičiu? Kuris važiavimo greitis yra ekonomiškesnis?

11. Pirmąją pusę kelio automobilis važiavo 20 m/s, o antrąją — 30 m/s greičiu. Koks buvo vidutinis automobilio greitis visame kelyje?

1.7. Kelio ir laiko apskaičiavimas

Žinodami kūno nueitą kelią ir judėjimo laiką, išmokome apskaičiuoti greitį. Įmanomas ir atvirkščias uždavinys — žinant kūno judėjimo greitį, galima apskaičiuoti nueitą kelią arba laiką (vienas iš jų turi būti žinomas). Kadangi

$$v = \frac{s}{t},$$

tai

$$s = vt \quad \text{ir} \quad t = \frac{s}{v}.$$

Šios kelio ir laiko formulės taikytinos tada, kai kūnas juda tolygiai arba kai žinomas vidutinis kūno greitis nagrinėjamu laikotarpiu. Pastaruoju atveju

$$s = \overline{v}t, \qquad t = \frac{s}{\overline{v}}.$$

• Norint apskaičiuoti kūno nueitą kelią, reikia jo greitį (vidutinį) padauginti iš judėjimo laiko.

• Norint rasti kūno judėjimo laiką, reikia to kūno nueitą kelią padalyti iš greičio (vidutinio).

Tas pačias kelio bei laiko formules galima gauti ir paprastai samprotaujant. Pavyzdžiui, kūnas juda tolygiai 15 km/h greičiu. Vadinasi, per vieną valandą jis nueina 15 km atstumą. Sakykime, kad kūnas judėjo 3 h. Taigi jis įveikė tris kartus didesnį atstumą, t. y. 45 km. Trumpai užrašome taip:

$$s = 15\ \text{km/h} \cdot 3\ \text{h} = 45\ \text{km},$$

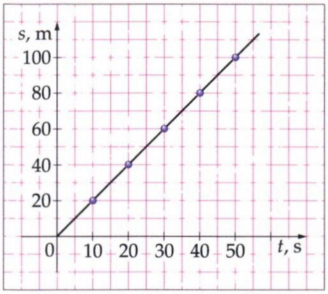
arba bendruoju atveju

$$s = vt.$$

Panašiai konkrečiu atveju (sugalvokite jį patys) paaiškinama, kaip kūno judėjimo laikas susijęs su nueitu keliu bei greičiu. Tą sąryšį galima pavaizduoti ir grafiškai.

Pavyzdys. Dviratininkas važiavo tiesiu ir lygiu keliu pastoviu greičiu. Išmatavus per tam tikrus laiko tarpus nuvažiuotų kelio ruožų ilgį, gauti tokie rezultatai:

Laikas t, s	0	10	20	30	40	50
Kelias s, m	0	20	40	60	80	100



1.16 pav.

Horizontalioje koordinačių sistemos ašyje atidėkime dviratininko judėjimo laiką, o vertikalioje — nueitą kelią. Pažymėję matavimo duomenis taškais ir juos sujungę, gauname tiesę — dviratininko judėjimo grafiką (1.16 pav.). Iš jo matyti, kad laikui bėgant dviratininko nuvažiuotas kelias ilgėjo tolygiai. Jei turėtume tik šį grafiką, pagal jį galėtume sužinoti dviratininko nuvažiuotą kelią per 60 s ar per 10 min nuo judėjimo pradžios.

Užduotys ??

1. Per laboratorinį darbą mokinys tyrė žaislinio automobiliuko judėjimą: matavo nueitą kelią ir laiką. Rezultatai buvo tokie:

Laikas *t*, s	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Kelias *s*, m	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44

Nubraižykite automobiliuko kelio priklausomybės nuo laiko grafiką. Remdamiesi juo, apskaičiuokite, kokį kelią automobiliukas nuvažiavo per 5 s ir per 10 s; kiek laiko reikėjo automobiliukui nuvažiuoti 72 cm ir 104 cm.

2. Automobilis važiuoja vidutiniu greičiu, kuris lygus 72 km/h. Kokį atstumą jis įveiks per 10 s?

3. Atstumas nuo Bìržų iki Šiaulių̃ per Pakrúojį yra 110 km. Per kiek laiko automobilis nuvažiuos šį atstumą, jei vidutinis jo greitis bus 50 km/h?

4. Kiek laiko šviesa sklinda nuo Saulės iki Žemės? Atstumas tarp šių dangaus kūnų yra maždaug 150 000 000 km ($1{,}5 \cdot 10^{11}$ m), o šviesos greitis — 300 000 km/s ($3 \cdot 10^8$ m/s).

5. Vidutinis automobilio greitis lygus 60 km/h. Jis tris kartus didesnis už vidutinį dviratininko greitį. Palyginkite laiką, per kurį automobilis ir dviratininkas nuvažiuoja 30 km.

6. Traktorius per 5 min nuvažiavo 600 m. Kokį atstumą tokiu pat greičiu jis įveiks per 0,5 h?

7. Žemė juda aplink Saulę 30 km/s vidutiniu greičiu. Kokį atstumą ji nuskrieja per parą? Koks yra Žemės orbitos ilgis? Sakykime, kad metai turi 365 dienas.

8. Žmogus kas minutę nueina 100 žingsnių. Kiekvieno žingsnio ilgis lygus 80 cm. Kokiu greičiu eina žmogus? Išreikškite jo greitį kilometrais per valandą.

9. Bambuko augimo greitis lygus 2 cm/h. Kiek užauga bambukas per 5 savaites?

10. Persirašykite į sąsiuvinius šią lentelę ir apskaičiuokite trūkstamus jos dydžius:

Greitis v	Laikas t	Kelias s
25 m/s	20 s	
20 m/s	5 min	
720 km/h	30 s	
5 m/s		300 m
80 km/h		240 km
2 m/s		1,2 km
	10 min	6 km

Pagal lentelėje pateiktus 2—3 duomenis pabandykite sukurti uždavinių.

11. Vynuoginė sraigė juda 10 cm/min greičiu. Kokį kelią ji nušliaužia per 0,5 h?

12. Automobilių tunelio po Nepriklausomybės aikšte Vilniuje ilgis lygus 264 m. Kiek laiko automobilis važiuoja šiuo tuneliu 60 km/h greičiu?

13. Atstumas tarp dviejų prieplaukų lygus 3,6 km. Laivas nuo vienos prieplaukos iki kitos pasroviui plaukė 12 km/h greičiu, o prieš srovę — 9 km/h greičiu. Koks buvo vidutinis laivo greitis visame kelyje?

1.8. Pagreitis

Kintamasis judėjimas

Jau žinome (žr. 1.6 skyrelį), kad kūnai gali judėti ir kintamuoju greičiu. Tokį judėjimą pavadinome netolýginiu. Susipažinkime su juo plačiau, apsiribodami tik netolyginiu judėjimu, kurio metu kūno greitis per bet kuriuos lygius laiko tarpus pakinta vienodai. Jis vadinamas **tolýgiai kiñtamu judė́jimu**. Kai judančio kūno greitis tolygiai didėja, sakome, kad kūnas juda tolygiai greitėdamas, kai tolygiai mažėja — tolygiai lėtėdamas.

Tai įdomu!

• *Pagreičio matavimo prietaisas vadinamas akcelerometrù (lot.* accelero — *greitinu + gr.* metron — *matas).*

• *Akcelerãtorius — transporto priemonių greičio reguliavimo (keitimo) įtaisas. Vidaus degimo varikliuose jis reguliuoja į cilindrus tiekiamų degalų kiekį, elektros varikliuose — srovės stiprį. Šis įtaisas valdomas koja spaudžiant akceleratoriaus paminą.*

• *Kai kurių kūnų pagreičio vertės*

Lengvojo automobilio (judėjimo pradžioje)	0,15 m/s²
Metro traukinio vagonų (judėjimo pradžioje)	0,6 m/s²
Laisvai krintančio kūno	9,81 m/s²
Lenktyninio automobilio	8 m/s²
Kulkos šautuvo vamzdyje	500000 m/s²

Pavyzdys. Automobilis 28 m/s greitį pasiekia per 20 s, o jo modelis 33 m/s greitį — per 30 s. Kurio greitis didėja sparčiau?

Norint atsakyti į šį klausimą, reikia žinoti, kiek pakinta automobilio ir jo modelio greitis per vienetinį laiko tarpą, šiuo atveju — per 1 s. Automobilio greičio pokytis per 1 s lygus 1,4 m/s, o jo modelio — 1,1 m/s. Taigi automobilio greitis didėja sparčiau negu modelio.

Pagreitis

Greičio pokytis per vienetinį laiko tarpą apibūdina greičio kitimo spartą ir yra vadinamas pãgreičiu.

Norint apskaičiuoti kūno pagreitį, reikia greičio pokytį padalyti iš laiko tarpo, per kurį tas pokytis įvyko:

$$\text{pagreitis} = \frac{\text{greičio pokytis}}{\text{laikas}},$$

arba simboliais

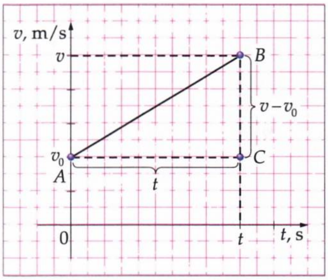
$$a = \frac{v - v_0}{t};$$

čia a — kūno pagreitis, v — galinis greitis, v_0 — pradinis greitis, t — laikas.

Pagrindinis pagreičio matavimo vienetas SI sistemoje yra *mètras per sekùndę kvadratù*:

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{1\ \text{m/s}}{1\ \text{s}} = \mathbf{1\ m/s^2}.$$

1.17 pav.



Pagreitį galima apskaičiuoti ne tik pagal formulę, bet ir remiantis greičio grafiku, pavyzdžiui, tiesės atkarpa AB, kuri gaunama vertikalioje koordinačių sistemos ašyje atidedant greičio v skaitines vertes, o horizontalioje — atitinkamas laiko t vertes (1.17 pav.). Atkarpos BC ilgį, kuris lygus greičio pokyčiui $v - v_0$, padaliję iš atkarpos AC ilgio, atitinkančio laiką t, gausime skaitinę pagreičio a vertę.

Jei galinis kūno greitis v mažesnis už pradinį jo greitį v_0, tai greičio pokytis $v - v_0$, taigi ir pagreitis a, yra neigiamas — judėjimas lėtėja.

Uždavinys. Pradinis dviratininko greitis tam tikru momentu buvo 5 m/s. Po 20 s dviratininkas jau važiavo 10 m/s greičiu. Apskaičiuokime dviratininko pagreitį.

$v_0 = 5$ m/s
$v = 10$ m/s
$t = 20$ s

a — ?

Sprendimas

$$a = \frac{v - v_0}{t};$$

$$a = \frac{10\ \text{m/s} - 5\ \text{m/s}}{20\ \text{s}} = 0{,}25\ \text{m/s}^2.$$

Atsakymas: $a = 0{,}25$ m/s^2.

Užduotys ??

1. 1.18 paveiksle pavaizduota, kaip kito kylančio lėktuvo greitis. Kokiu pagreičiu kilo lėktuvas? Ar vienodai pakito jo nueitas kelias ir greitis per kiekvieną sekundę?

2. Automobilio greitis per 5 s padidėjo nuo 15 m/s iki 25 m/s. Kokiu pagreičiu važiavo automobilis?

3. Iš oro baliono paleistas ryšulys po 2 s krito 19,6 m/s greičiu. Koks buvo ryšulio pagreitis?

4. Pajudėjęs iš vietos traukinys per 2 min įgijo 43,2 km/h greitį. Kokiu pagreičiu važiavo traukinys?

5. Per kiek sekundžių pradėjęs važiuoti lengvasis automobilis įgis 36 km/h greitį, jei jo pagreitis lygus 0,2 m/s^2?

6. Kokiu greičiu po 30 s nuo judėjimo pradžios važiuos elektrinis traukinys, kurio pagreitis lygus 0,25 m/s^2?

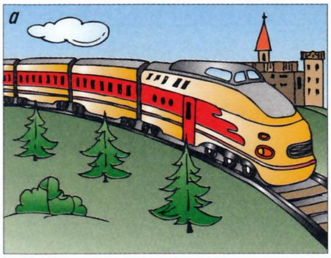
7. Skrisdamas 60 m/s greičiu, lėktuvas pradėjo didinti greitį ir įgijo 0,5 m/s^2 pagreitį. Kokiu greičiu lėktuvas skrido po 10 s?

8. 2 m/s^2 pagreitį išreikškite kilometrais per valandą kvadratu.

1.18 pav.

LAIKAS	s	1	2	3	4
GREITIS	m/s	2	4	6	8
KELIAS	m	1	4	9	16

9. 2 m/s^2 pagreičiu judančio kūno greitis po 3 s padidėjo iki 18 m/s. Koks buvo pradinis to kūno greitis?
10. Vagonėlis pradėjo judėti 25 cm/s^2 pagreičiu. Apskaičiuokite vidutinį vagonėlio greitį per 10 s.
11. Automobilis, kurio pradinis greitis 18 m/s, pradėjo važiuoti 0,25 m/s^2 pagreičiu. Kokį greitį automobilis pasiekė po 20 s?
12. Per kiek laiko –2 m/s^2 pagreičiu judančio kūno greitis sumažėjo nuo 9 m/s iki 1 m/s?





1.19 pav.

1.9. Kreivaeigis judėjimas

Kreiva trajektorija

Kasdieną matome, kokios įvairios yra daugelio aplinkos kūnų mechaninio judėjimo trajektorijos. Traukinys daro posūkį kreivame kelio ruože (1.19 pav., *a*), žmogus aplenkia kelyje telkšančią balą (1.19 pav., *b*). Labai sudėtingas krepšinio kamuolio kelias aikštelėje. O kas gali nusakyti grybautojo trajektoriją?

Bet kuria trajektorija judantį kūną apibūdina tos pačios mechaninio judėjimo savybės, kaip ir judantį tiesiai: įveiktas atstumas, sugaištas laikas, judėjimo sparta. Jos išreiškiamos fizikiniais dydžiais — nueituoju keliu, judėjimo laiku, greičiu. Kaip sužinome šiuos dydžius?

Kreive judančio kūno nueitas kelias ir judėjimo laikas

Bet kuria kreiva trajektorija judančio kūno nueitą kelią nusako trajektorijos ilgis. Pavyzdžiui, sunku nubrėžti taksi trajektoriją, tačiau, žvilgtelėjus į hodometrą, iš karto galima pasakyti, kokio ilgio kelią automobilis nuvažiavo per darbo dieną.

Kreivaeigio judėjimo laikas matuojamas įprastais laiko matavimo prietaisais: įvairiais laikrodžiais, sekundmačiais ir kt.

Tai įdomu!

• *Hodomètras (gr.* hodos *— kelias +* metron *— matas) — prietaisas transporto priemonės nuvažiuotam keliui matuoti. Automobilyje jis sumontuotas kartu su spidometrù — greičio matavimo prietaisu (žr. 1.15 pav.). Kai norime sužinoti automobilio nuvažiuotą kelią, turime klausti: „Ką rodo hodometras (o ne spidometras)?“*

Kreivaeigio judėjimo greitis

Kreiva trajektorija judančio kūno greitis gali nuolat kisti arba būti pastovus. Taigi kreivaeigis judėjimas, kaip ir tiesiaeigis, skirstomas į netolyginį (greitėjantį bei lėtėjantį) ir tolyginį. Mes nagrinėsime tik tolyginį kūnų judėjimą apskritimu, kai tų kūnų greičio didumas nekinta.

Tiese ir kreive judančių kūnų greitis iš esmės skiriasi vienu požymiu — kryptimi. Tiesiai judančio kūno greičio kryptis yra pastovi, o judančio kreiva trajektorija — nuolat kinta ir visada sutampa su trajektorijos liestinės kryptimi.

Bandymas. Greitai sukdami tekėlą, galąskime plieninį grąžtą arba peilį. Kibirkštys lėks tekėlo liestinės kryptimi (1.21 pav.), kuri sutampa su greičio kryptimi.

Panašiai iš po buksuojančio automobilio ratų lekia žvyras, žemės arba purvo purslai.

Tai įdomu!

• *Žmogaus nueitą kelią galima išmatuoti žingsniãmačiu (1.20 pav.). Šio į laikrodį panašaus prietaiso laisvai kabantis pasvaras fiksuoja kiekvieną kojos perkėlimą. Žinant žingsnio ilgį (vidutinį) ir žingsnių skaičių, nesunku apskaičiuoti nueito kelio ilgį.*

Užduotys ?

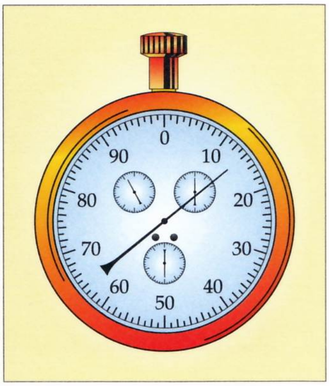
1. Dirbtinis palydovas per parą aplink Žemę apskrieja 16 kartų. Per kiek minučių šis palydovas apskrieja aplink Žemę vieną kartą?

2. Nuo viršutinės važiuojančio traukinio lentynos nukrito sviedinukas. Ar jis krito vertikaliai? Ar vienodai į šį klausimą atsakys stebėtojas, stovintis šalia traukinio ir važiuojantis tame pačiame vagone?

3. Plonasienis cilindras tolygiai sukasi apie savo ašį. Šaunant taikyta į ją. Kuriomis sąlygomis kulka gali padaryti cilindre tik vieną skylę?

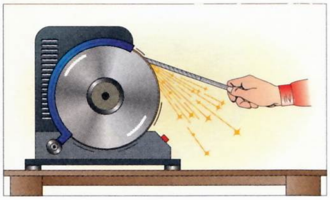
4. Dviratininkui apsaugoti nuo vandens purslų prie dviračio ratų pritaisomi apsauginiai skydeliai. Brėžiniu pavaizduokite, kokie turi būti mažiausi skydelių matmenys ir kurioje vietoje juos reikia tvirtinti, kad purslai neaptaškytų dviratininko.

5. Sportininkas 100 m bėgo tokiu tempu: pirmuosius 30 m nubėgo per 3,6 s, paskui 50 m — per 5 s ir likusius 20 m — per 2,2 s. Apskaičiuokite vidutinį sportininko greitį kiekviename ruože ir visoje distancijoje.



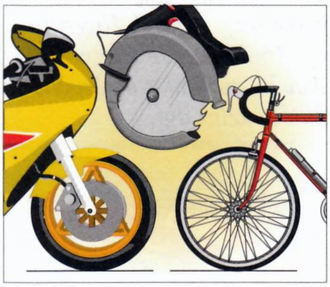
1.20 pav.

1.21 pav.



1.10. Judėjimas apskritimu

Apskritimu judančio kūno nueitas kelias


1.22 pav.

Apskritimu juda dviračių bei automobilių ratlankių ventilis, laikrodžių rodyklių galas, dantračiai, įsuktas pasvarėlis, laikomas už virvutės, diskinio pjūklo dantys (1.22 pav.) ir t. t. Net varstomų kambario durų rankena pasisuka apskritimo lanku.

Bandymas. Iš faneros ar kartono iškirpkime 20 cm skersmens skritulį. Jo pakraštyje rašalu arba dažais pažymėkime tašką (kad geriau matytųsi, prie taško galima prilipinti gabaliuką plastilino), o centre įsmeikime vinį arba ylą ir sukime skritulį (1.23 pav., *a*). Matysime, kad pažymėtas taškas juda apskritimu. Kokį kelią jis nueis, kol skritulys apsisuks vieną kartą? Akivaizdu, kad taško nueitas kelias bus lygus apskritimo ilgiui.

Iš matematikos kurso žinome, kad apskritimo ilgis

$$C = 2\pi R;$$

čia R — apskritimo spindulys, o $\pi \approx 3{,}14$. Vadinasi, pažymėto taško nueitas kelias

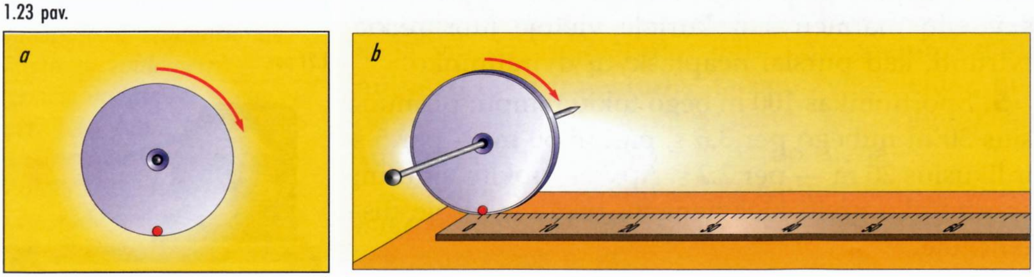
$$s = 2\pi R.$$

Įrašę skaitines dydžių vertes, gauname:

$$s \approx 2 \cdot 3{,}14 \cdot 10 \text{ cm} = 62{,}8 \text{ cm}.$$

Tą kelią galima ir išmatuoti. Ant stalo padėkime demonstracinę liniuotę. Skritulyje pažymėtą tašką sugretinkime su nuline jos padala (1.23 pav., *b*). Skritulį išilgai liniuotės ridenkime tol, kol pažymė-

1.23 pav.



tas taškas vėl ją palies, t. y. kol skritulys apsisuks vieną kartą. Įsitikinsime, kad taško nueitas atstumas apytiksliai lygus 62,8 cm. Kodėl ne tiksliai? Matuodami fizikinius dydžius, visada daugiau ar mažiau suklystame, todėl ir matavimo rezultatai yra su paklaidomis.

Išmatavome vieną kartą apsisukusio skritulio taško kelią. Jei taškas, taigi ir skritulys, apsisuks du, tris ar daugiau kartų, tiek pat kartų pailgės ir jo nueitas kelias.

Apskritimu judančio kūno greitis

Tiesiai ir tolygiai judančio kūno greitį skaičiuodavome nueitą kelią dalydami iš laiko:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Taip pat galima sužinoti ir apskritimu judančio kūno greitį, kai jis pastovus. Sakėme, kad pastoviu greičiu apskritimu judančio kūno greičio kryptis nuolat kinta ir sutampa su liestinės kryptimi. Tačiau, apskaičiuojant tik greičio didumą, tai neturi reikšmės.

Taigi vieną kartą apsisukusio kūno taškas apskritimu nueina kelią *s*, lygų $2\pi R$. **Laiko tarpas, per kurį kūnas apsisuka vieną kartą, vadinamas sukìmosi periodù** (gr. *periodos* — apėjimas, judėjimas ratu). Periodas žymimas raide *T*. Pagrindinis jo matavimo vienetas yra *sekùndė*:

$$[T] = 1 \text{ s}.$$

Linijinis greitis

Kaip ir tolyginio tiesiaeigio judėjimo atveju, padaliję apskritimu judančio kūno nueitą kelią iš laiko, apskaičiuosime greitį:

$$v = \frac{2\pi R}{T}; \qquad [v] = 1 \text{ m/s}.$$

Šis greitis vadinamas **linijiniù greičiù**. Tokį pat rezultatą gautume ir kūnui apsisukus du, tris ar daugiau kartų, nes, pailgėjus nueitam keliui, tiek pat kartų pailgėtų laikas.

Kampinis greitis

Kūno judėjimo apskritimu spartą galima apibūdinti ir **kampiniù greičiù**, nes judėdamas kūnas pasisuka tam tikru kampu. Kūno posūkio kampo ir laiko, per kurį pasisuko kūnas, santykis vadinamas kampiniu greičiu ir žymimas simboliu ω (graikų abėcėlės raide, tariama „omega"). Šį apibrėžimą galime užrašyti tokia formule:

$$\omega = \frac{\varphi}{t};$$

čia φ (graikiška raidė, tariama „fi") — posūkio kampas, t — laikas.

Tašką A, kuriame yra kūnas, sujunkime spinduliu R su sukimosi centru O, paskui spindulį pasukime centriniu kampu φ (1.24 pav.). Nuėjęs lanką AB, kūnas atsidurs taške B. Jeigu tas kūnas apskries vieną ratą, tai jo posūkio kampas bus lygus 360°, o nueitas kelias — apskritimo ilgiui $2\pi R$. Visą apskritimą padaliję lankais, lygiais jo spinduliui, iš viso gausime 2π lankų $\left(\frac{2\pi R}{R} = 2\pi\right)$. Juos atitiks 2π centrinių kampų.

Matematikoje centrinis kampas, atitinkantis lanką, kurio ilgis lygus apskritimo spinduliui, vadinamas **radiãnu** ir sutrumpintai žymimas rad. Taigi sužinojome, jog kampų didumą galima matuoti ne tik mums jau gerai žinomais laipsniais, bet ir radianais.

Apskriejusio vieną ratą kūno posūkio kampą padaliję iš sukimosi periodo, apskaičiuosime kampinį greitį:

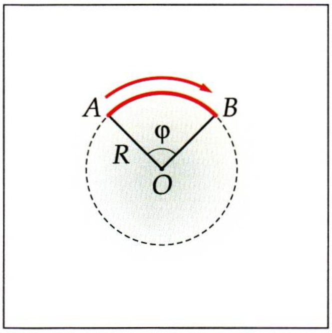
$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Toks pat jis bus ir kūnui apskriejus apskritimu du, tris ir t. t. kartų.

Iš šios formulės matyti, kad kampinio greičio matavimo vienetas yra *radiãnas peȓ sekùndę*:

$$[\omega] = \left[\frac{\varphi}{t}\right] = \frac{1\ \text{rad}}{1\ \text{s}} = \mathbf{1\ rad/s.}$$

1.24 pav.



Užduotys ??

1. Kokia trajektorija juda važiuojančio dviračio rato ašies centras tiesaus kelio atžvilgiu? Kokia yra ratlankio taškų judėjimo trajektorija rato ašies atžvilgiu? Nubrėžkite šias trajektorijas.

2. Ar vienodą kelią nueis posūkyje kairieji ir dešinieji automobilio ratai?

3. Kada tekinimo staklių peilis nupjaus ilgesnę drožlę detalei apsisukus vieną kartą: pradedant tekinti ar baigiant?

4. Patefono plokštelė sukasi pastoviu greičiu (1.25 pav.). Kada jo adatos greitis plokštelės atžvilgiu yra didesnis: grojimo pradžioje ar pabaigoje?

5. Kūnas juda apskritimu, kurio spindulys 0,5 m. Per 4 s tas kūnas apsisuka 2 kartus. Apskaičiuokite linijinį kūno greitį.

6. Autobusas važiuoja 72 km/h greičiu. Kiek kartų per vieną sekundę apsisuka autobuso ratai, kurių skersmuo lygus 80 cm?

7. Kokio didumo kampu Žemė pasisuka apie savo ašį per 1 h?

8. Apskaičiuokite sekundinės laikrodžio rodyklės kampinį greitį (1.26 pav.).

9. Kūno sukimosi periodas lygus 10 s. Kokiu kampiniu greičiu sukasi kūnas?



1.25 pav.

1.26 pav.



Skyriaus „Mechaninis judėjimas" santrauka

Mechaninis judėjimas	Kūno padėties kitimas kitų kūnų atžvilgiu vadinamas mechaniniu judėjimu. Judėjimas ir rimtis — reliatyvūs.	
Atskaitos sistema	Atskaitos sistemą sudaro atskaitos kūnas, koordinačių sistema ir laiko matavimo prietaisas.	
Judėjimo trajektorija	Linija, kuria juda kūnas, vadinama to kūno judėjimo trajektorija.	
Judėjimo klasifikacija	Pagal trajektoriją: • tiesiaeigis, • kreivaeigis.	Pagal trajektoriją ir greitį: • tolyginis tiesiaeigis, • netolyginis tiesiaeigis, • tolyginis kreivaeigis, • netolyginis kreivaeigis.

Nagrinėti fizikiniai dydžiai

Fizikinis dydis	Jo reikšmė	Simbolis, formulė	Matavimo vienetas	Matavimo prietaisas
Nueitasis kelias	Rodo trajektorijos ilgį	s $s = vt$	1 metras (1 m)	Liniuotė, ruletė
Laikas	Rodo, kiek laiko vyko reiškinys	t $t = \frac{s}{v}$	1 sekundė (1 s)	Laikrodis, sekundmatis
Greitis	Apibūdina kūno judėjimo spartą	v $v = \frac{s}{t}$	1 metras per sekundę (1 m/s)	Spidometras
Pagreitis	Apibūdina greičio kitimo spartą	a $a = \frac{v - v_0}{t}$	1 metras per sekundę kvadratu (1 m/s^2)	Akcelerometras
Linijinis greitis	Apibūdina besisukančio kūno judėjimo spartą	v $v = \frac{2\pi R}{T}$	1 metras per sekundę (1 m/s)	Spidometras
Sukimosi periodas	Rodo, per kiek laiko kūnas apsisuka vieną kartą	T	1 sekundė (1 s)	Laikrodis, sekundmatis
Kampinis greitis	Apibūdina besisukančio kūno judėjimo spartą	ω $\omega = \frac{\varphi}{t}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$	1 radianas per sekundę (1 rad/s)	





2 Kūnų sąveikos dėsniai

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- inercijos dėsniu (pirmuoju Niutono dėsniu);
- kūnų sąveikos reiškiniu;
- jėgos sąvoka;
- kūną veikiančios jėgos, jo masės ir pagreičio sąryšiu (antruoju Niutono dėsniu);
- veiksmo ir atoveikio dėsniu (trečiuoju Niutono dėsniu).

2.1. Inercijos dėsnis

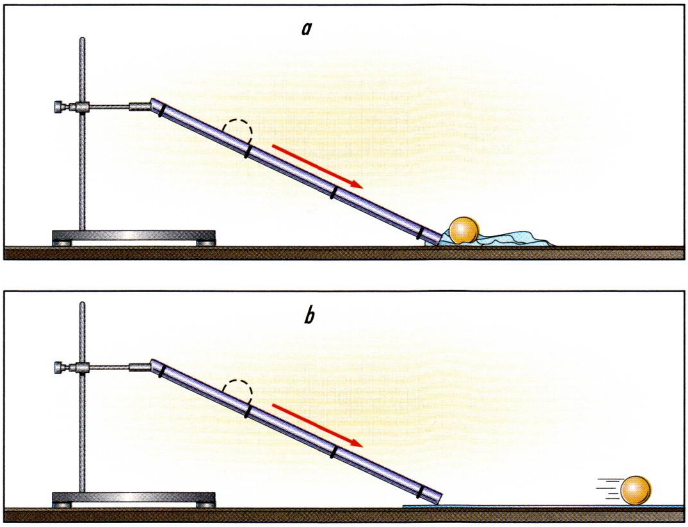
Kodėl kūnai juda

Pirmajame skyriuje susipažinę su įvairių rūšių mechaniniu judėjimu, išsiaiškinome, *kaip* gali judėti kūnai, tačiau nesigilinome į to judėjimo priežastis, t. y. nenagrinėjome, *kodėl* kūnai juda būtent taip, o ne kitaip, *kodėl* pakinta kūnų greitis, t. y. *kodėl* atsiranda pagreitis. Į visus tuos *kodėl* mėginsime atsakyti šiame skyriuje.

Bandymas. Ant stalo nuožulniai padėkime lovelį, o jo gale — skiautę audeklo. Loveliu paleiskime riedėti metalinį rutuliuką (2.1 pav., *a*). Įsidėmėkime, kokiu atstumu nuo lovelio galo jis sustos. Paskui audeklą pakeiskime stiklo plokštele ir vėl paleiskime rutuliuką (2.1 pav., *b*). Matome, kad šį kartą jis nuriedėjo gerokai toliau. Akivaizdu, kodėl taip atsitiko: rutuliuko kelyje buvo daug mažesnis aplinkos pasipriešinimas.

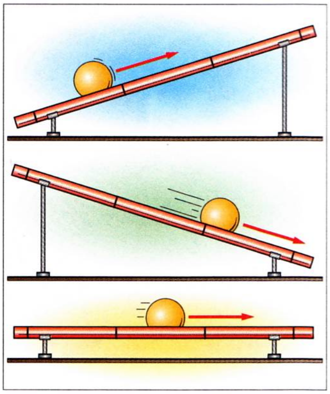
O kaip riedėtų rutuliukas, jeigu sugebėtume bandymą atlikti tokiomis sąlygomis, kad pasipriešinimo visiškai nebūtų? Atsakysite, kad tai neįmanoma. Tačiau ar negalima to įsivaizduoti? Pasirodo, galima.

2.1 pav.



Mintinis Galilėjaus eksperimentas

Norėdamas paaiškinti, kodėl kūnai juda, italų mokslininkas Galilėjas Galilėjus (*G. Galilei*, 1564—1642) savo knygoje „Pašnekesiai ir samprotavimai apie dvi naujas mokslo sritis" aprašė tokį mintinį (įsivaizduojamą) eksperimentą. Kai rutuliukas rieda loveliu aukštyn, jo greitis mažėja, kai žemyn — didėja, vadinasi, horizontaliu paviršiumi jis turėtų judėti pastoviu greičiu (2.2 pav.).



2.2 pav.

Inercijos dėsnis

Apibendrindamas Galilėjaus mintis ir stebėjimo rezultatus, įžymusis anglų mokslininkas Izaokas Niutonas (*I. Newton*) suformulavo tokį dėsnį:

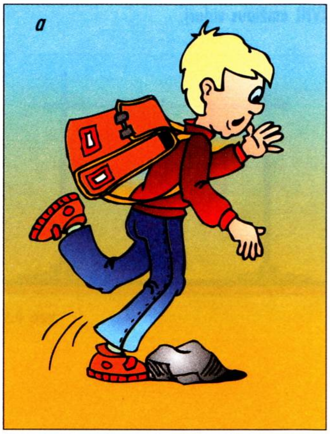
jeigu kūno nepaveikia kiti kūnai, jis išlaiko rimtį arba juda tiesiai ir tolygiai.

Praktiškai taip nėra. Nė vieno kūno neįmanoma atskirti nuo aplinkos įtakos. Tačiau galima sudaryti tokias sąlygas, kad vienas poveikis jam panaikintų kitą. Pavyzdžiui, automobilio variklio trauka nugali aplinkos pasipriešinimą, ir automobilis važiuoja tolygiai.

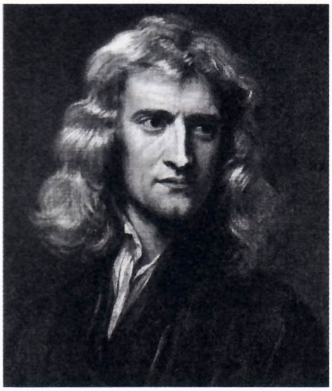
Šis Niutono suformuluotas dėsnis dar vadinamas **inèrcijos désniu**, mat jis apibūdina gamtos reiškinį, vadinamą **inèrcija** (lot. *inertia* — nejudrumas, neveiklumas), t. y. kūnų siekimą išlaikyti esamą būseną. Inercijos dėsnis paneigė ilgą laiką moksle vyravusį Aristotelio požiūrį, kad kūnas gali judėti tik veikiamas kitų kūnų. Jei nebūtų pasipriešinimo, vieną kartą išjudintas kūnas iš inercijos judėtų nesustodamas.

Inercijos dėsnis paaiškina daugelį reiškinių, pavyzdžiui, kodėl už ko nors užkliuvę griūvame į priekį (2.3 pav., *a*), o paslydę ant ledo — atsisėdame (2.3 pav., *b*). Pirmuoju atveju kojos sustoja, o kitos kūno dalys (galva ir liemuo), nors ir patirdamos oro pasipriešinimą, toliau juda pirmyn. Antruoju atveju yra atvirkščiai — kojos pajuda greičiau negu galva bei liemuo, ir mes staiga atsisėdame.

2.3 pav.







IZAOKAS NIUTONAS (*I. Newton*, 1643—1727) — anglų fizikas ir matematikas, klasikinės fizikos pradininkas. Jis padarė daugelį svarbių optikos, mechanikos ir matematikos atradimų, suformulavo tris pagrindinius kūnų sąveikos bei judėjimo dėsnius, kurie buvo pavadinti jo pavarde. Svarbiausią mechanikos veikalą „Matematiniai gamtos filosofijos pagrindai" I. Niutonas parašė 1687 metais. Lietuvoje jo mokslas pradėtas dėstyti apie XVIII amžiaus vidurį.

Užduotys ??

1. Kodėl įsibėgėjus galima nušokti toliau negu iš vietos?

2. Kodėl draudžiama perbėgti gatvę prieš važiuojantį automobilį?

3. Kaip galima užmauti plaktuką ant koto? Pavaizduokite tai piešiniu.

4. Lapė, bėgdama nuo besivejančio šuns, dažnai išsigelbsti šitaip: kai tik šuo bando lapę griebti, ji staiga sprunka į šoną. Kodėl šuniui sunku pagauti lapę?

5. Kaip inercija padeda žaisti krepšinį? O gal trukdo?

2.2. Kūno masė

Inertiškumas

Ką tik išnagrinėtame skyrelyje sakėme, kad kūnai išlaiko rimtį arba juda tiesiai ir tolygiai, jeigu jų nepaveikia kiti kūnai. Ši kūnų savybė vadinama **inertiškumù**. Ji labai akivaizdi tada, kai staiga pakinta judėjimo ar rimties būsena. Patirtis rodo, kad kūno greitis dėl kitų kūnų poveikio kinta ne akimirksniu, o laipsniškai.

Masė

Kūnų inertiškumo savybei išreikšti kiekybiškai I. Niutonas pirmasis pavartojo fizikinį dydį, kurį pavadino **masè**. Su šiuo dydžiu šiek tiek jau esate susipažinę VII klasėje. (Prisiminkite, ką apie jį žinote.)

Mãsė yra kūnų inertiškumo matas. Juo inertiškesnis kūnas, juo didesnė jo masė. Galima tvirtinti ir atvirkščiai: juo didesnė kūno masė, juo inertiškesnis kūnas.

Pagrindinis masės matavimo vienetas yra *kilogrãmas*: **[*m*] = 1 kg.**

Masės sąvoka padeda suprasti ir paaiškinti daugelį fizikinių reiškinių. Pavyzdžiui, mažesnės masės

lengvasis automobilis per tokį pat laiką gali įgyti didesnį greitį negu didesnės masės sunkvežimis, nors pastarojo variklis ir galingesnis. Lengvąjį automobilį lengviau sustabdyti negu pakrautą sunkvežimį ar sunkiasvorį traukinį. Kiek avarijų būtų išvengta, jei tai gerai suprastų per nereguliuojamas geležinkelio pervažas važiuojantys automobilių vairuotojai.

Užduotys ??

1. Kaip gali vairuotojas, pasinaudodamas automobilio inertiškumu, sutaupyti degalų?

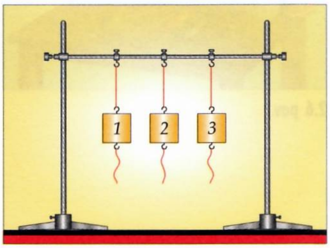
2. Kodėl draudžiama lanksčiu lynu vilkti automobilį, kurio sugedę stabdžiai?

3. Kodėl kalvės priekalas masyvus (jo masė ne mažesnė kaip 50 kg)?

4. Kodėl būtina vienu metu stabdyti visus traukinio vagonus?

5. Skaldant malkas, pliauskoje įstrigo kirvis. Ką daryti? Kodėl?

6. Prie stovo skersinio siūlais pririškite tris 100 g svarsčius, kurių apačioje įtaisyti kabliukai. Prie kiekvieno kabliuko pririškite po siūlą (2.4 pav.). *1*-ąjį svarstį už apatinio siūlo traukite žemyn labai lėtai, *2*-ąjį — staigiai. Paaiškinkite, kodėl pirmuoju atveju nutrūko viršutinis siūlas, o antruoju — apatinis. Nutraukite viršutinį arba apatinį *3*-iojo svarsčio siūlą.

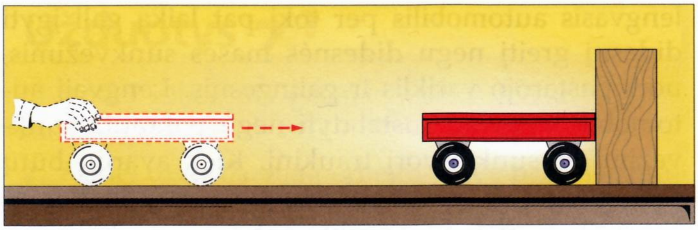


2.4 pav.

2.3. Jėga

Kūnų sąveika

Kiekvienas kūnas, nesvarbu ar jis juda, ar nejuda, pasaulyje nėra vienišas. Jį supa daugybė kitų kūnų: didelių ir mažų, artimų ir tolimų, judančių ir nejudančių. Visi šie kūnai veikia vieni kitus, t. y. sąveikauja. Taigi kūnų sąveika yra visuotinis gamtos reiškinys. Vienas kūnas gali veikti kitą tiesiogiai su juo liesdamasis arba būdamas nuo jo per atstumą.



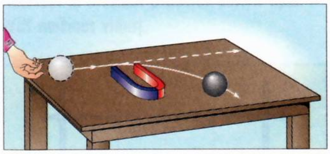
2.5 pav.

1 bandymas. Ant stalo pastatykime vežimėlį. Stumtelėtas ranka, jis pajudės, o privažiavęs tašelį — sustos (2.5 pav.).

2 bandymas. Ant stalo padėkime lengvą teniso kamuoliuką. Jis pajudės nuo menko pūstelėjimo.

Minėti kūnai tiesiogiai veikia vienas kitą. Pirmame bandyme sąveikauja vežimėlis ir ranka, antrame — kamuoliukas ir judantis oras.

3 bandymas. Plieninį ar geležinį rutuliuką paridenkime tiesiai stalu, o statmenai jo judėjimo trajektorijai padėkime magnetą. Pamatysime, kad rutuliuko trajektorija iškrypsta (2.6 pav.).



2.6 pav.

4 bandymas. Iš rankų paleiskime kokį nors daiktą. Žemės veikiamas, jis visada kris žemyn.

Pavyzdys. Dėl Žemės poveikio horizontaliai mestas akmuo, iš patrankos iššautas sviedinys lekia kreiva trajektorija, kol pasiekia Žemės paviršių (2.7 pav.).

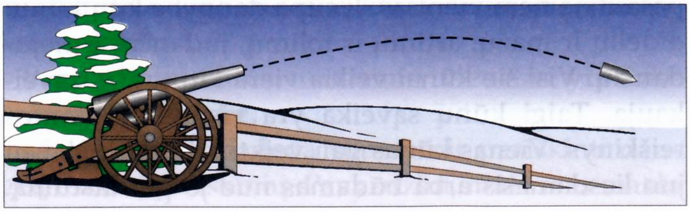
3 ir 4 bandymas bei pavyzdys rodo, kad kūnai sąveikauja ir nesiliesdami, t. y. per atstumą.

Jėga

Vienų kūnų poveikį kitiems fizikoje nusakome trumpiau — kūną veikia **jėgà**.

Kasdienėje kalboje žodis „jėga" turi daug reikšmių. Sakome, kad žmogus turi daug jėgos, kad reikia dirbti įtempus visas jėgas, kad mūsų jėga — vienybė ir t. t. Fizikoje šis žodis turi aiškiai apibrėžtą

2.7 pav.





2.8 pav.

reikšmę, kurią padeda atskleisti 2.8 paveikslas (jame vaizduojamas įvairių jėgų poveikis).

Įsijungus žaliam šviesoforo signalui, ima važiuoti motociklas — keičiasi pradedančio judėti kūno (motociklo) greitis (2.8 pav., *a*). Išbėgus šuneliui į gatvę, sunkvežimis staiga stabdomas — tuoj pat mažėja judančio kūno (sunkvežimio) greitis (2.8 pav., *b*). Stiprus vėjas lenkia medžius — keičiasi kūnų (medžių) forma (2.8 pav., *c*). Meškeriotojas traukia iš vandens stambią žuvį — keičiasi kūno (meškerės) forma (2.8 pav., *d*).

Visur čia matome ne pačias jėgas, o jų poveikio rezultatus. Dėl jėgos poveikio vienų kūnų *kinta greitis* (2.8 pav., *a* ir *b*), taigi tie kūnai įgyja pagreitį, kitų kūnų — *forma* (2.8 pav., *c* ir *d*).

Vadinasi, **jėga yra kūnų greičio arba formos kitimo priežastis.**

Užduotys ??

1. Kurie kūnai sąveikauja plaukiant burlaiviui?

2. Du skirtingos masės automobiliai važiuoja vienodu greičiu. Kaip pakis jų greitis, jei abu stabdysime vienoda jėga? Kuris sustos anksčiau?

3. Į laikomą rankoje plytą suduodame plaktuku. Kodėl ranka menkai jaučia plaktuko smūgį?

4. Kas nutiko automobiliui, kurio keleiviai pasijuto spaudžiami prie kėdžių atlošų?

5. Kodėl ilgašaknių piktžolių negalima rauti staigiai?

6. Kodėl automobilis negali staiga didinti greičio vilkdamas kitą automobilį?

7. Ant pusiausvirų svarstyklių stovi žmogus ir laiko rankose sunkų krovinį. Kas atsitiks svarstyklėms, jei žmogus staiga kilstelės krovinį?

8. Kodėl sunku įkalti vinį į svyruojančią lentą? Ką reikia daryti, kad kalti būtų lengviau?

2.4. Jėgos, masės ir pagreičio sąryšis

Nagrinėdami vieno kūno poveikį kitam, dažnai sakome, kad poveikis gali būti silpnas, stiprus, labai stiprus ar vos juntamas. Kiekybinis jo matas yra jėga. Nuo ko priklauso jos didumas? Kaip jėga susijusi su kitais fizikiniais dydžiais, apibūdinančiais kūnus ir jų judėjimą? Aptarkime keletą pavyzdžių.

1 pavyzdys. Vieną kartą arklys iš vietos patraukia tuščią vežimą, kitą kartą — pakrautą. Kuriuo atveju reikia didesnės jėgos?

Manau, kad atsakysite teisingai: pakrautą vežimą sunkiau išjudinti, reikia didesnės jėgos, nes jo masė daug didesnė negu tuščio. Taigi pagreitis priklauso nuo kūno masės.

2 pavyzdys. Berniukas meta į tolį akmenuką, ištempdamas timpą vieną kartą mažesne jėga, kitą kartą — didesne. Kada akmenukas nulekia toliau?

Nesunku atsakyti, kad didesnės jėgos paveiktas akmenukas nuskrieja toliau, nes atsiskyrimo nuo timpos momentu pradinis jo greitis yra didesnis. Abiem atvejais pradinis akmenuko greitis per tam tikrą laiko tarpą pakito nuo nulio (kol akmenukas nejudėjo) iki tam tikros vertės (kol jį veikė timpa). Prisiminę, kad greičio pokytis per vienetinį laiko

tarpą lygus pagreičiui (p. 26), galime teigti, jog, veikiamas didesnės jėgos, akmenukas įgijo didesnį pagreitį. Vadinasi, kūno įgytas pagreitis priklauso nuo jį veikiančios jėgos.

Šie pavyzdžiai rodo, kad kūną veikianti jėga, to kūno masė ir įgytas pagreitis tarpusavyje susiję. Remiantis patirtimi ir tiksliais bandymais, prieinama prie tokios išvados:

kūno įgytas pagreitis yra tiesiogiai proporcingas veikiančiai jėgai ir atvirkščiai proporcingas kūno masei.

Užrašykime šią išvadą trumpai:

$$\text{pagreitis} = \frac{\text{jėga}}{\text{masė}}.$$

Pagreitį pažymėję raide a, jėgą — raide F, o masę — raide m, gauname:

$$a = \frac{F}{m}.$$

Ši kūno pagreičio priklausomybė nuo veikiančios jėgos bei kūno masės dar vadinama **antrúoju Niùtono désniu**. Iš jo galime gauti matematinę jėgos išraišką:

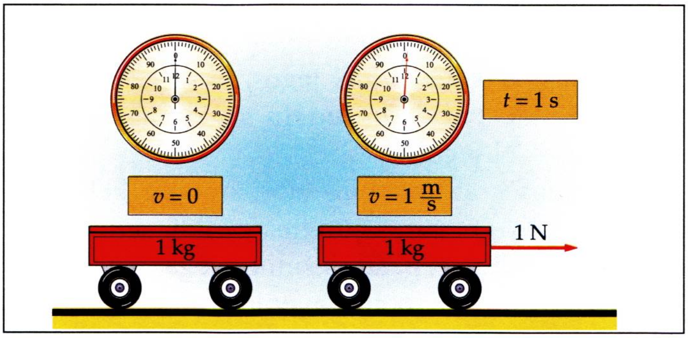
$$F = ma.$$

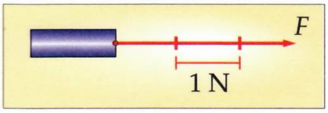
Žodžiais ją nusakysime taip: **kūną veikiančios jėgos didumas apskaičiuojamas dauginant kūno masę iš jo įgyto pagreičio**.

Jei kūno masę matuosime kilogramais (kg), o pagreitį — metrais per sekundę kvadratu (m/s^2), tai

$$[F] = 1\ \mathbf{kg \cdot m/s^2}.$$

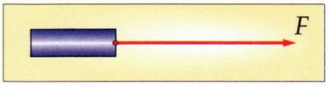
2.9 pav.





2.10 pav.

2.11 pav.



Pagerbiant anglų mokslininką Izaoką Niutoną, šis jėgos matavimo vienetas vadinamas *niùtonu* ir žymimas raide N:

$$[F] = 1\ \text{N} = 1\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2.$$

Vienas niutonas lygus jėgai, kuri vieno kilogramo masės kūnui suteikia vieno metro per sekundę kvadratu pagreitį (2.9 pav.). Praktikoje vartojami ir stambesni bei smulkesni už 1 N jėgos matavimo vienetai: *kiloniùtonas* (kN), *meganiùtonas* (MN), *miliniùtonas* (mN) ir pan. Pagalvokite, kaip jie susiję su pagrindiniu jėgos matavimo vienetu.

Sutarta jėgos veikimo tašką brėžiniuose žymėti tašku, o veikimo kryptį — tiesės atkarpa su rodykle, greta pateikiant mastelį (2.10 pav.). Tačiau dažnai jėga vaizduojama atitinkamo ilgio tiesės atkarpa su rodykle, bet be mastelio (2.11 pav.).

Užduotys ??

1. Kokio didumo jėga reikia veikti 5 kg masės vežimėlį, kad jis riedėtų 2 m/s² pagreičiu?

2. 6 t masės sunkvežimis važiavo 36 km/h greičiu. Stabdomas jis sustojo per 30 s. Apskaičiuokite stabdymo jėgą.

3. Kokiu pagreičiu važiavo kilimo taku įsibėgėdamas 60 t masės reaktyvinis lėktuvas, kurio traukos jėga lygi 90 kN?

4. 4 kg masės kūnas, veikiamas tam tikros jėgos, juda 2 m/s² pagreičiu. Kokiu pagreičiu judės 16 kg masės kūnas, veikiamas tokios pat jėgos?

5. 100 N jėga suteikia kūnui 0,5 m/s² pagreitį. Kokia yra to kūno masė?

6. Kūnas juda 5 m/s² pagreičiu, veikiamas 30 N jėgos. Apskaičiuokite kūno masę.

7. Kūnas, veikiamas 3 N jėgos, juda 1,5 m/s² pagreičiu. Kokiu pagreičiu judėtų šis kūnas, jei būtų veikiamas 4 N jėgos?

8. 2 t masės automobilis horizontaliu keliu važiavo 24 m/s greičiu. Išjungus variklį, automobilį ėmė veikti aplinkos pasipriešinimo jėga, lygi 400 N. Po kiek laiko automobilis sustojo?

2.5. Veiksmo ir atoveikio jėgos

Grįžkime prie kūnų sąveikos. Jau žinome, kad jėga yra kūno greičio arba formos kitimo priežastis. Kai vienas kūnas veikia kitą, sakome: kūną veikia jėga. Gvildenant kūnų sąveiką, iškyla ir toks klausimas: jei vienas kūnas veikia kitą tam tikra jėga, ar antrasis kūnas neturi jokio poveikio pirmajam?

1 bandymas. Spauskime ranka stalą. Jaučiame, kad ir stalas spaudžia ranką.

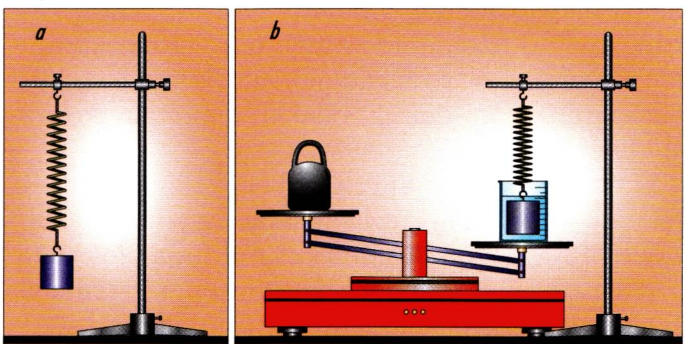
2 bandymas. Ant spyruoklės pakabinkime pasvarą (2.12 pav., *a*). Spyruoklė išsitemps. Paskui ant vienos svarstyklių lėkštės padėkime indą vandens, o ant kitos — kokį nors daiktą, kad svarstyklės būtų pusiausviros. Dabar į indą įleiskime tą patį pasvarą. Pamatysime, kad spyruoklė sutrumpėjo, o svarstyklių pusiausvyra sutriko (2.12 pav., *b*).

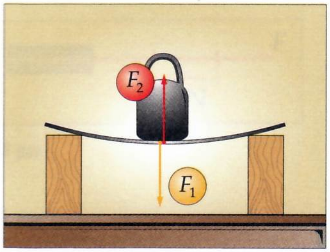
Nirdamas į vandenį, pasvaras veikia jį tam tikra jėga. Tai rodo nusvirusi svarstyklių lėkštė, ant kurios padėtas indas su vandeniu. Sutrumpėjusi spyruoklė liudija, kad ir patį pasvarą veikia priešingos krypties jėga.

3 bandymas. Iš tam tikro aukščio paleiskime laisvai kristi stalo teniso kamuoliuką. Atšokęs nuo stalo, jis pakils beveik į tą patį aukštį, iš kurio krito.

Nukritęs kamuoliukas spaudžia stalą ir kartu pats yra stalo spaudžiamas priešinga kryptimi. Tokią išvadą galima padaryti stebint atšokusio kamuoliuko judėjimą aukštyn.

2.12 pav.





2.13 pav.

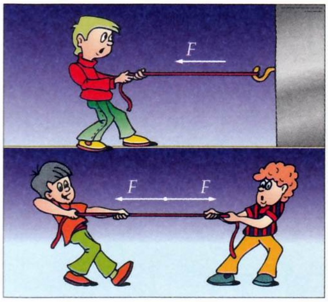
4 bandymas. Ant dviejų atramų padėkime liniuotę, o ant jos — svarstį (2.13 pav.). Liniuotė nusvirs žemyn ir liks išlinkusi. Tai rodo, kad jėga F_1, veikianti liniuotę, yra lygi svarstį veikiančiai jėgai F_2:

$$F_1 = F_2.$$

Remdamiesi bandymais, darome tokią išvadą:

veĩksmo ir atóveikio jėgos yra lygios, tik priešingų krypčių.

Kartais sakoma trumpiau: veiksmas lygus atoveikiui. Ši išvada vadinama **trečiúoju Niùtono désniu.** Veiksmo ir atoveikio jėgos veikia skirtingus kūnus. Tai matyti ir iš 2.13 paveikslo: svarstis spaudžia liniuotę jėga F_1, o liniuotė — svarstį jėga F_2.

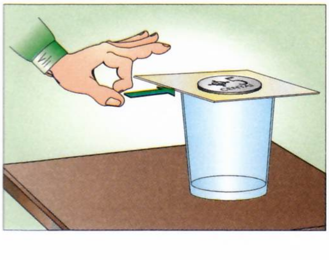


2.14 pav.

2.15 pav.



2.16 pav.



Užduotys

1. 2.14 paveiksle pavaizduota, kaip galima ištempti virvę. Visi trys žmonės traukia ją tokio pat didumo jėga. Ar vienodai ištempiama virvė?

2. Du berniukai nori pertraukti virvę, tempdami ją už galų, tačiau tai jiems nepavyksta. Draugas patarė pririšti virvę prie medžio ir abiem traukti už vieno galo. Ar geras šis patarimas?

3. Baronas Miunhauzenas tvirtino, kad jis pats už plaukų ištraukė save iš pelkės. Ar tai įmanoma? Paaiškinkite.

4. Atlikite namuose toliau aprašytus bandymus ir paaiškinkite, kurios kūnų savybės čia išryškėja.

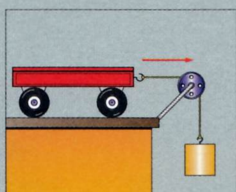
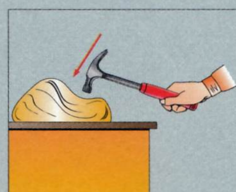
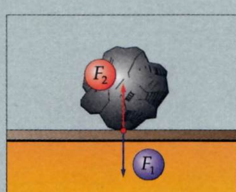
a) Ant popieriaus juostelės padėkite monetą ir juostelę staigiai patraukite. Kodėl moneta liko vietoje (2.15 pav.)? Bandymą pakartokite, vietoj monetos padėję stiklinę vandens.

b) Stiklinę uždenkite vatmano ar plono kartono juostele ir ant jos padėkite monetą. Sprigtelkite juostelę (2.16 pav.). Kodėl ji nulekia, o moneta įkrinta į stiklinę?

5. Sudėkite vieną ant kitos kelias degtukų dėžutes. Liniuote staigiai išmuškite apatinę dėžutę. Kodėl ji išlekia, o kitos dėžutės nukrinta į jos vietą?

6. Pastovi jėga 200 g masės kūnui per 5 s suteikia 1 m/s greitį. Apskaičiuokite tos jėgos didumą.

Skyriaus „Kūnų sąveikos dėsniai" santrauka

Inercijos dėsnis (pirmasis Niutono dėsnis)	Jei kūno nepaveikia kiti kūnai, jis išlaiko rimtį arba juda tiesiai ir tolygiai.
Masė $[m] = 1$ kg	Kūnų savybė išlaikyti rimtį arba judėti tiesiai ir tolygiai vadinama inertiškumu. Inertiškumą apibūdina fizikinis dydis — kūno masė.
Kūnų sąveika	Kūnų sąveika — visuotinis gamtos reiškinys. Išvengti jos praktiškai neįmanoma. Sąveikaujantys kūnai veikia vieni kitus tiesiogiai liesdamiesi arba per atstumą.
Jėga	Vienų kūnų poveikį kitiems kiekybiškai apibūdina fizikinis dydis, vadinamas jėga. Kūną veikianti jėga gali pakeisti to kūno greitį arba formą:  
Kūną veikiančios jėgos, jo masės ir pagreičio sąryšis (antrasis Niutono dėsnis) $a = \frac{F}{m}$ $F = ma$ $[F] = 1\ \text{N} =$ $= 1\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$	Kūno įgytas pagreitis yra tiesiogiai proporcingas veikiančiai jėgai ir atvirkščiai proporcingas kūno masei. Kūną veikiančios jėgos didumas apskaičiuojamas dauginant kūno masę iš jo įgyto pagreičio.
Veiksmo ir atoveikio dėsnis (trečiasis Niutono dėsnis)	Veiksmo ir atoveikio jėgos yra lygios, tik priešingų krypčių. Akmuo spaudžia Žemę jėga F_1, o Žemė — akmenį jėga $F_2 = F_1$: 





3 Jėgų rūšys

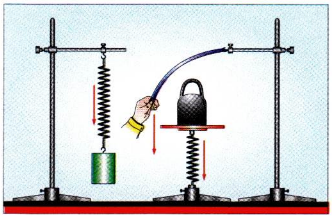
Šiame skyriuje susipažinsite su:

- deformacijos reiškiniu;
- jėgos matavimo prietaisu — dinamometru;
- laisvojo kritimo pagreičiu;
- įvairių rūšių jėgomis: sunkio, svorio, trinties, įcentrine;
- jėgų atstojamąja;
- įvairių rūšių trintimi: rimties, slydimo, riedėjimo.

3.1. Tamprumo jėga

Kūnų sąveika gali būti visokia, todėl įvairios ir sąveikos metu pasireiškiančios jėgos. Mechanikoje jos dažniausiai skirstomos į tokias rūšis: tamprumo jėgas, gravitacijos jėgas (lot. *gravitas* — sunkumas) bei trinties jėgas.

Deformacija

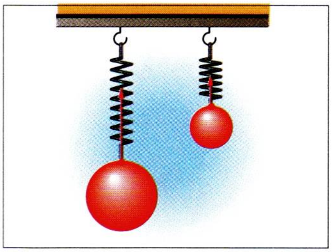

3.1 pav.

Pabandykime ištempti, suspausti ir sulenkti įvairias spyruokles (3.1 pav.). Visais atvejais jaučiame pasipriešinimą ir matome, kad spyruoklės keičia formą — pailgėja, sutrumpėja, išlinksta.

Kūnų formos ir matmenų pakitimas vadinamas **deformãcija** (lot. *deformatio* — formos pakitimas). Todėl galime sakyti, kad tempiamos, spaudžiamos ir lenkiamos spyruoklės buvo deformuojamos.

Tamprumo jėga

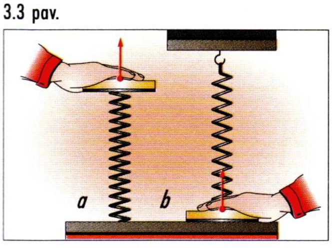
Jėga, kuri atsiranda deformuojamame kūne, vadinama tamprùmo jėgà. Ji dažnai žymima simboliu F_{tampr} arba F_t. Tamprumo jėga priklauso nuo medžiagos, iš kurios pagamintas deformuojamas kūnas, savybių, deformuojamo kūno formos bei matmenų, nuo deformacijos dydžio. Iliustruosime tai pavyzdžiais.

3.2 pav.


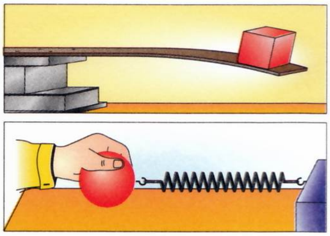
Plieninė spyruoklė tampresnė už tokią pat varinę spyruoklę. Dėl to spyruoklės dažniausiai ir gaminamos iš plieno.

Sulenkta pusiau juostelės formos plieninė spyruoklė tampresnė negu nesulenkta. Iš tos pačios medžiagos padaryta didelė spyruoklė tampresnė negu maža.

Daugiau ištemptos spyruoklės tamprumo jėga didesnė negu mažiau ištemptos (3.2 pav.). Tamprumo jėgos kryptis brėžiniuose pavaizduota atitinkamomis rodyklėmis (3.2 ir 3.3 pav.).

3.3 pav.


Ranka spaudžiant ant stalo padėtą spyruoklę (3.3 pav., *a*) ir traukiant ją (pakabintą) žemyn (3.3 pav., *b*), tamprumo jėga nukreipta į viršų. Apskritai **tamprumo jėga visada yra priešingos krypties nei išorinė jėga.**



3.4 pav.

Užduotys

1. Nurodykite tamprumo jėgos kryptį 3.4 paveiksle pavaizduotais atvejais.

2. Kurios jėgos veikiama spyruoklė susitraukia keičiant pakabintų pasvarų kiekį (3.5 pav.)? Nurodykite šios jėgos kryptį.

3. Kurios jėgos veikiama lenta išsitiesia mergaitei nušokus į vandenį (3.6 pav.)? Nurodykite šios jėgos kryptį.

4. Pagal pateiktus bandymo duomenis nubraižykite grafiką, vaizduojantį, kaip tamprumo jėga priklauso nuo spyruoklės pailgėjimo:

Jėga F_{tamp}, N	0	2	4	6	8	10
Pailgėjimas x, cm	0	1	2	3	4	5

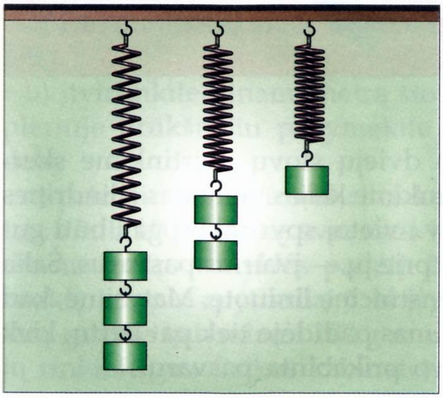
5. Veikiama 640 N jėgos, spyruoklė susitraukė 10 mm. Kiek ji sutrumpės gniuždoma 3,2 kN jėgos? Remkitės 4 užduoties rezultatu.

6. Prietaiso spyruoklė, veikiama 8 N jėgos, pailgėjo 5 mm. Kokio didumo jėga reikia tempti tą spyruoklę, kad ji pailgėtų 20 mm?

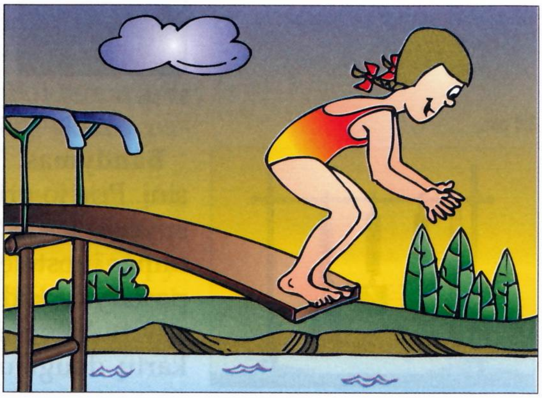
7. Kokio didumo jėga reikia veikti 250 g masės kūną, kad jis įgytų 0,2 m/s^2 pagreitį?

8. Du vyrai traukia virvę į priešingas puses: vienas gali traukti 1200 N jėga, kitas — 900 N. Kokia jėga bus traukiama virvė?

3.5 pav.



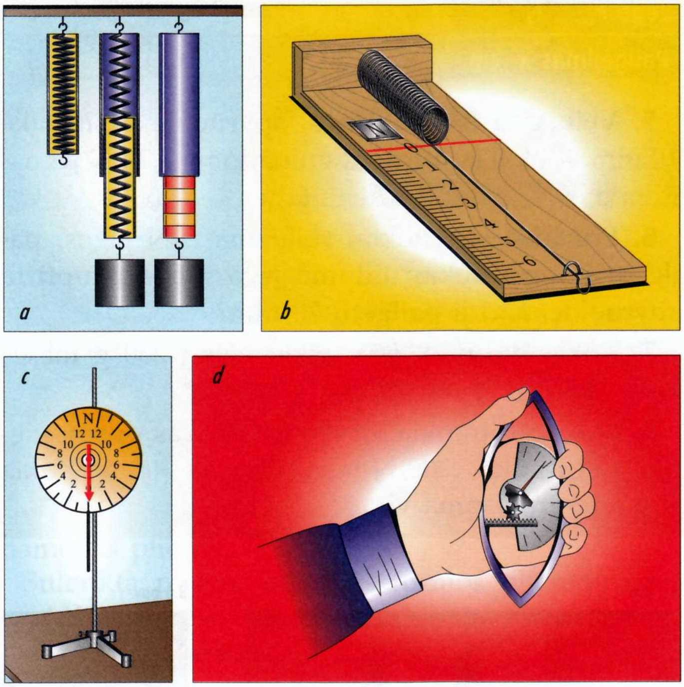
3.6 pav.



3.2. Jėgos matavimo prietaisai

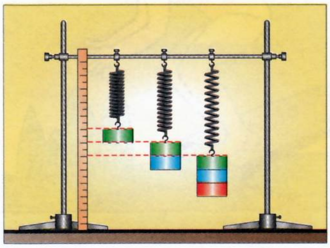
Prietaisas jėgai matuoti vadinamas **dinamometrù** (gr. *dynamis* — jėga + *metron* — matas). Dinamometrai būna įvairios konstrukcijos ir paskirties. 3.7 paveiksle, *a*, parodyta cilindrinio dinamometro sandara ir veikimo principas; 3.7 paveiksle, *b* — laboratorinis mokyklinis dinamometras, 3.7 paveiksle, *c* — demonstracinis mokyklinis dinamometras, o 3.7 paveiksle, *d* — medicininis dinamometras.

Dinamometro veikimo principą galima pailiustruoti tokiu bandymu.



3.7 pav.

3.8 pav.



Bandymas. Tarp dviejų stovų įtvirtinkime skersinį. Prie jo prikabinkime kelias vienodas cilindrines spyruokles (3.8 pav.; vietoj spyruoklių gali būti guminės juostelės), o prie jų — įvairius pasvarus. Šalia pastatykime demonstracinę liniuotę. Matysime, kad spyruoklės pailgėjimas padidėjo tiek pat kartų, kiek kartų daugiau buvo prikabinta pasvarų.

Prie tokios spyruoklės pritaisę skalę, gautume jėgos matavimo prietaisą. Dinamometrai graduojami niutonais.

Dinamometrais galima matuoti ir labai mažą, ir labai didelę jėgą. Tačiau kiekvienas dinamometras tinka tik tam tikro didumo jėgoms matuoti. Jeigu mažą jėgą matuosime didelėms jėgoms matuoti skirtu dinamometru, jis rodys netiksliai, jei atvirkščiai — sugadinsime prietaisą.

Užduotys ??

1. Išreikškite niutonais šias jėgas:

30 kN = ...   5 MN = ...
0,02 kN = ...   120 mN = ...

2. Nustatykite kabinete esančių dinamometrų skalės padalos vertę.

1-asis laboratorinis darbas. Dinamometro gradavimas

Priemonės: 1) laboratorinis mokyklinis dinamometras; 2) popieriaus juostelė dinamometro skalei uždengti; 3) 100 g (arba 102 g) masės svarsčių rinkinys; 4) stovas su laikikliu; 5) liniuotė; 6) siūlai ar guminiai žiedai dinamometro skalę uždengiančiai juostelei pritvirtinti.

Užduotis

Sugraduokite laboratorinį mokyklinį dinamometrą.

D a r b o   e i g a

a) Dinamometro skalę uždenkite popieriaus juostele;

b) įtvirtinkite dinamometrą stovo laikiklyje ir popieriuje brūkšneliu pažymėkite nulinę skalės padalą;

c) prie dinamometro iš eilės kabinkite vieną, du, tris ir t. t. 100 g masės svarsčius ir kaskart žymėkite dinamometro rodyklės padėtį. 100 g svarstis spyruoklę tempia apytiksliai 1 N jėga. Tikslesnį rezultatą gausite kabindami 102 g masės svarsčius (jeigu jų rinkinių yra fizikos kabinete);

d) liniuote išmatuokite atstumus tarp gretimų skalės brūkšnelių, patikrinkite, ar jie lygūs;

e) sugraduotą skalę palyginkite su tikrąja dinamometro skale ir padarykite išvadą.

Užduotys

1. Namuose parenkite keletą originalių konstrukcijų dinamometrų projektų. Jei turite sąlygas, pagal šiuos projektus pasidarykite dinamometrus.

2. Išreikškite niutonais šias jėgas: 150 kN, 0,3 kN, 0,005 kN.

3. Išreikškite kiloniutonais šias jėgas: 30 000 N, 50 N, $6 \cdot 10^6$ N.

3.3. Gravitacinė kūnų sąveika. Sunkio jėga

Kūnų kritimas

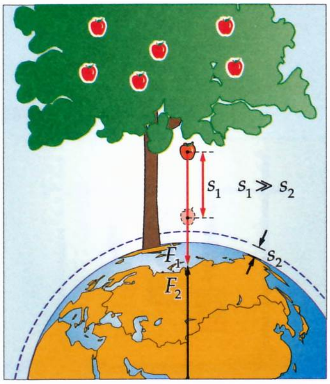
Krinta žemėn lietaus lašai, snaigės, nuo medžio šakų atitrūkę lapai, iš rankų išmestas puodelis. Paslydę ar už ko nors užkliuvę ir patys griūvame.

1 bandymas. Paimkime pieštuką, trintuką ir sąsiuvinį. Pakėlę juos truputį virš stalo, paleiskime iš rankų. Jie visi kris žemyn.

Tai gravitãcinės kūnų traukos reiškiniai, kuriuos matome kasdien. Kūnai krinta žemyn dėl to, kad Žemė ir visi joje esantys kūnai tarpusavyje sąveikauja.

Prisiminkime, kad veiksmo ir atoveikio jėgos yra lygios, tik priešingų krypčių (žr. 2.5 skyrelį). Tačiau jėga gali suteikti kūnui pagreitį. Taigi sąveikaujantys ir galintys judėti kūnai įgyja pagreitį, atvirkščiai proporcingą kiekvieno kūno masei (2.4 skyrelis). Žemės masė daug kartų didesnė už mūsų pačių ar aplinkos daiktų masę. Dėl to sąveikaujančių kūnų pagreičiai nevienodi: Žemės — nepaprastai mažas, o krintančio daikto — didelis (3.9 pav.). Todėl ir sakome, kad juda (krinta) daiktas, o ne Žemė.

3.9 pav.



Visuotinė trauka

Vieni kitus traukia ne tik Žemės, bet ir Visatos kūnai. Jų tarpusavio trauka vadinama **gravitãcine**, arba **visúotine**.

Jėga, kuria Žemė traukia kūną, vadinama suñkio jėgà, arba suñkiu.

Matematinėje jėgos išraiškoje (p. 45) pagreitį pažymėję raide g, sunkio jėgą — F_s, gauname tokią sunkio jėgos formulę:

$$F_s = mg.$$

Iš jos matyti, kad

$$[F_s] = 1\ \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 = 1\ \text{N}.$$

Pakabintus, padėtus ant atramos ar krintančius kūnus veikiančią sunkio jėgą galima pavaizduoti grafiškai (3.10 pav.).

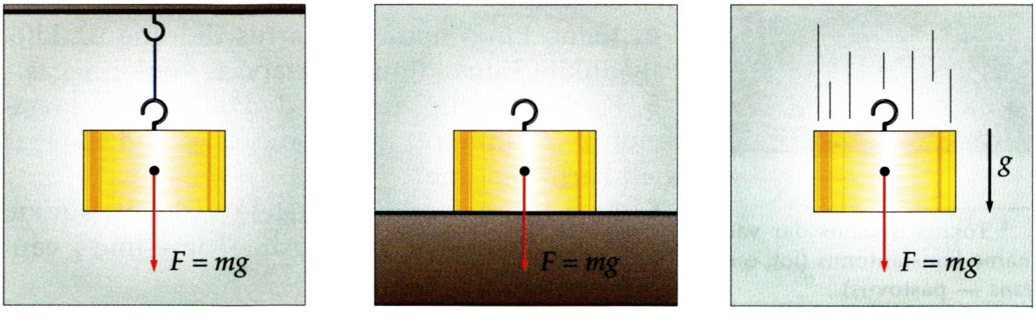
Laisvasis kritimas

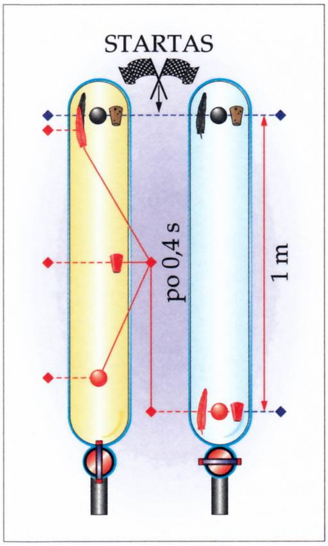
Kūnų kritimas tuštumoje vadinamas **laisvúoju kritimù**. Kad geriau suprastume šį reiškinį, atlikime keletą bandymų.

2 bandymas. Pakelkime aukštyn ir paleiskime iš rankų popieriaus lapą. Matome, kad jis krinta pamažu, nukrypdamas tai į vieną, tai į kitą pusę. Tą patį lapą suglamžykime ir vėl paleiskime. Dabar jis krinta daug greičiau. Kodėl? Galima paaiškinti taip: lapo greitis priklauso nuo oro pasipriešinimo.

O kaip kristų kūnai, jei nebūtų oro pasipriešinimo? Į šį klausimą atsakysime stebėdami kūnų kritimą beorėje erdvėje.

3.10 pav.





3.11 pav.

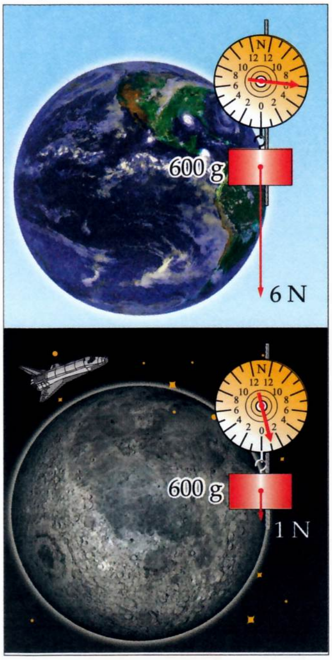
3 bandymas. Niutono vamzdyje (3.11 pav.) — plunksna, kamštis ir šratas. Paleisti jie krinta nevienodu greičiu: vamzdžio dugną pirmiausia pasiekia šratas, po jo — kamštis, vėliau — plunksna. Išsiurbę iš vamzdžio orą, įsitikiname, kad šie kūnai krinta vienodu greičiu, t. y. vamzdžio dugną pasiekia tuo pačiu metu.

Laisvojo kritimo pagreitis

Kūnų greitis jų laisvojo kritimo pabaigoje buvo vienodas, vadinasi, kūnai turėjo kristi ir vienodu pagreičiu. Šis pagreitis vadinamas **laĩsvojo krĩtimo pãgreičiu** ir tam tikroje Žemės vietoje yra pastovus dydis[1]. Jis apytiksliai lygus **9,8 m/s²**. Sprendžiant uždavinius, laisvojo kritimo pagreičio skaitinė vertė dažnai suapvalinama iki 10 m/s².

Laisvojo kritimo pagreitis kiekviename dangaus kūne yra kitoks, nes skiriasi tų kūnų masė, taigi ir sunkio jėga, kuri veikia tuose dangaus kūnuose esantį tą patį kūną. Pavyzdžiui, Mėnulyje, kuris daug mažesnis negu Žemė, laisvojo kritimo pagreitis yra apie 6 kartus mažesnis (apytiksliai lygus 1,6 m/s²). Todėl tą patį kūną Mėnulyje veiktų 6 kartus mažesnė sunkio jėga negu Žemėje (3.12 pav.). Tolstant nuo Žemės, sunkio jėga sparčiai mažėja.

3.12 pav.



Užduotys

1. Kokio didumo sunkio jėga veikia kūnus, kurių vieno masė lygi 2 kg, o kito — 500 g?

2. Kūną veikia 500 N sunkio jėga. Apskaičiuokite to kūno masę.

3. Kuri jėga keičia horizontaliai mesto akmens judėjimo kryptį?

4. Vieno kūno masė du kartus didesnė už kito. Palyginkite šiuos kūnus veikiančias sunkio jėgas.

5. Kurį iš dviejų vienodo dydžio luitelių (parafininį ar aliumininį) veikia didesnė sunkio jėga? Kiek kartų didesnė?

6. Ar pakis žalvarinę plokštelę veikianti sunkio jėga, kai tą plokštelę pašildysime? įmesime į vandenį?

[1] Tokius dydžius dar vadiname konstántomis (lot. *constans* — pastovus).

3.4. Kūno svoris

Kūno svoris

Dėl Žemės traukos pakabintas kūnas tempia pakabą, o padėtas spaudžia atramą. **Jėga, kuria Žemės traukiamas kūnas veikia atramą arba pakabą, vadinama kū̃no svõriu.** Jis apskaičiuojamas taip pat, kaip sunkis. Jėgos formulėje (p. 45) pagreitį pažymėję g, o jėgą — P, gauname:

$$P = mg;$$

$$[P] = 1\ \text{kg}\cdot\text{m/s}^2 = 1\ \text{N}.$$

Pakabinto, padėto ant atramos ir laisvai krintančio kūno svoris pavaizduotas 3.13 paveiksle.

Svorio ir sunkio palyginimas

Kūno sunkis ir svoris akivaizdžiai palyginami 3.14 paveiksle. Abi šios jėgos dažniausiai veikia kartu, tačiau skirtingi yra jų veikimo taškai, taigi ir kūnai, kuriuos jos veikia. Sunkio jėga (brėžinyje ji pažymėta juoda rodykle) veikia vieną kūną, o svoris (raudona rodyklė) — kitą kūną, ant kurio pirmasis padėtas ar prie kurio prikabintas.

Nesvarumas

Kaip matyti iš brėžinio, šios jėgos ypač ryškiai skiriasi tada, kai kūnas laisvai krinta pagreičiu g. Tuomet sunkio jėga nepakinta, tarsi kūnas būtų rimties būsenos, o svoris pasidaro lygus nuliui — kūnas nespaudžia atramos, netempia pakabos. Sakoma, kad kūnas yra nesvarus.

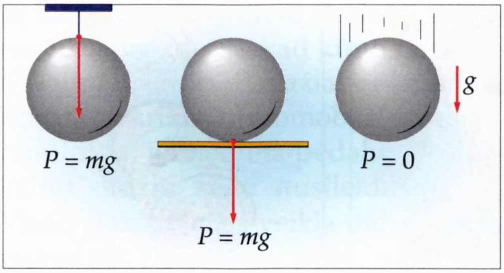
Tai įdomu!

• *Nesvarūs yra ne tik krintantys vertikaliai, bet ir aukštyn ar į šoną mesti kūnai. Todėl, norint patirti nesvarumo būseną, pakanka pašokti į viršų.*

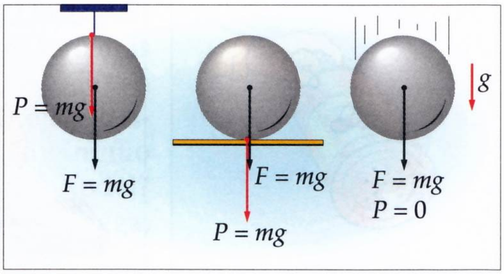
• *Nesvarumas daro įtaką žmogaus organizmui: dėl jo kartais sutrinka pusiausvyra, svaigsta galva, ima skaudėti strėnas, sumažėja apetitas.*

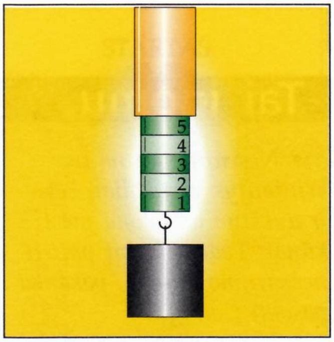
• *Visose planetose kūnus veikia sunkio jėga, jie turi svorį (jei laisvai nekrinta). Pavyzdžiui, Mėnulyje kūnų svorio apibrėžimas būtų toks. Jėga, kuria Mėnulio traukiamas kūnas veikia atramą arba pakabą, vadinama kūno svoriu.*

3.13 pav.



3.14 pav.





3.15 pav.

1 bandymas. Prie dinamometro prikabinkime svarstį. Dinamometras rodo jo svorį (3.15 pav.). Staigiai leidžiant dinamometrą žemyn, jo rodyklė grįžta prie nulinės padalos. Tai liudija, kad krintantis svarstis bent trumpą laiko tarpą būna nesvarus — netempia dinamometro spyruoklės.

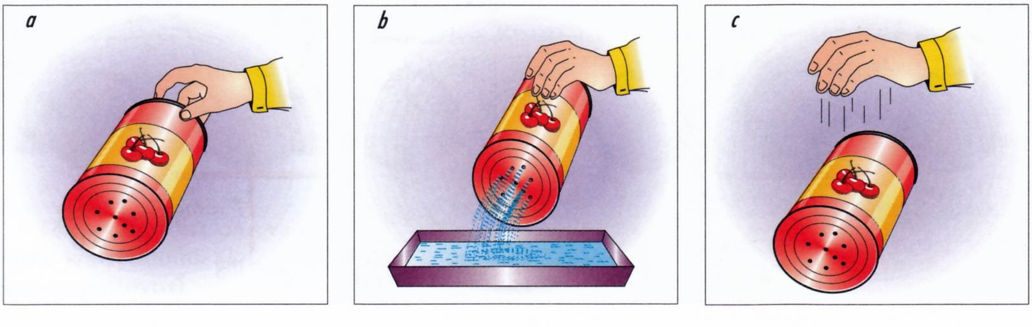
2 bandymas. Tuščios uždaros skardinės dugne išbadykime daug skylučių, o dangtelyje išdurkime vieną skylutę. Panardinkime skardinę į indą su vandeniu ir kiek palaikę pirštu užspauskime viršutinę skylutę. Ištraukę skardinę iš vandens, matome, kad vanduo pro skylėtą dugną neteka (3.16 pav., *a*). Jam išbėgti neleidžia atmosferos slėgis (apie jį kalbėsime 178 puslapyje). Skardinę pakelkime virš kokio nors plataus bei žemo indo ir atleiskime pirštą. Vanduo čiurkšlėmis pradės veržtis pro skylutes (3.16 pav., *b*). Aukštai iškelkime skardinę ir paleiskime iš rankų. Iš krintančio indo skylučių vanduo nebėga (3.16 pav., *c*), taigi vanduo inde yra nesvarus.

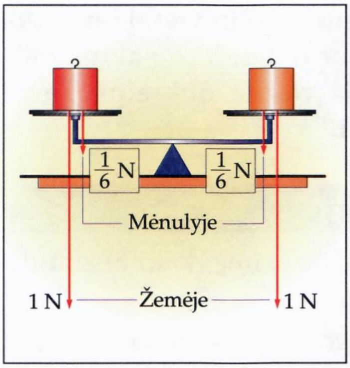
Žmogus taip pat gali patirti nesvarumo būseną, pavyzdžiui, slidininkas, nušokęs nuo tramplino, arba šuolininkas į vandenį, atsispyręs nuo bokšto lentos. Nesvarumo sąlygomis gyvena kosmonautai erdvėlaivyje, skriejančiame aplink Žemę.

Užduotys

1. Žvirblio masė 30 g. Apskaičiuokite jo svorį.
2. Kiek sveria kūnai, kurių masė 3 kg; 500 g?
3. Kūnas sveria 15 N. Kokia yra to kūno masė?
4. Šeimininkei virtuvėje iškrito iš rankų stiklinė vandens. Ar vanduo slėgė krintančios stiklinės dugną?

3.16 pav.





3.17 pav.



3.18 pav.

5. Ar veikia sunkio jėga kūną nesvarumo sąlygomis, pavyzdžiui, dirbtiniame Žemės palydove?
6. Aplink Žemę skrieja erdvėlaivis. Jame esančio kosmonauto masė lygi 70 kg. Kokio didumo sunkio jėga veikia kosmonautą ir koks yra jo svoris?
7. Ar vienodas Žemės ir Mėnulio paviršiuje esančio kūno tankis?
8. Dvigubu atstumu nuo Žemės centro sunkio jėga sumažėja keturis kartus. Ar tiek pat kartų pakinta kūno svoris ir tankis?
9. Marso paviršiuje kūnų laisvojo kritimo pagreitis apytiksliai lygus $\frac{2}{5}$ laisvojo kritimo pagreičio Žemėje. Apskaičiuokite 2 kg masės kūno svorį Marso paviršiuje.
10. Kokio didumo jėga gali suteikti Mėnulyje esančiam 10 kg masės kūnui 10 m/s^2 pagreitį?

Tai įdomu!

- *Mėnulyje kūnų svoris yra 6 kartus mažesnis negu Žemėje (3.17 pav.).*

	Žemėje	Mėnulyje
Svarsčio masė	1 kg	1 kg
Svarsčio svoris	10 N	1,6 N
Svarsčio sunkio jėga	10 N	1,6 N

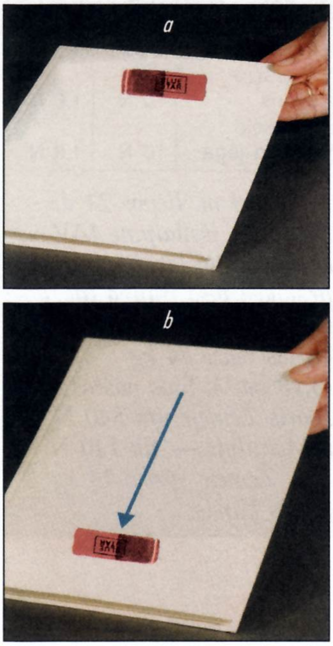
- *1969 m. liepos 21 d. Mėnulyje išsilaipinę JAV kosmonautai labai lengvai nešiojosi visą įrangą (deguonies ir vėsinimo sistemas), kurios masė 84 kg (3.18 pav.). Šios naštos svoris Žemėje yra 840 N, o Mėnulyje — tik 140 N. Tiek Žemėje sveria 14 kg masės kūnas.*

3.5. Trinties jėga

Iš vadovėlio 2.1 skyrelyje nagrinėto inercijos dėsnio išplaukia tokia išvada: jei judančio kūno neveiktų kiti kūnai, jis judėtų tiesiai ir tolygiai. Deja, galime tik įsivaizduoti, kad kūno neveikia kiti kūnai. Iš tikrųjų taip nėra. Pavažiavęs lygiu ir tiesiu keliu su išjungtu varikliu, automobilis sustoja. Sustoja ir dviratininkas, jei nemina pedalų. Nešliaužia tolyn nuo kalno slidžiu keliu nusileidusios rogutės. Kodėl? Visais šiais atvejais veikia didesnė ar mažesnė jėga, nukreipta į priešingą pusę, negu juda kūnai.

Jėga, kuri atsiranda kūnų sąlyčio vietoje ir trukdo vienam iš jų pajudėti ar judėti kito paviršiumi, vadinama trintiẽs jėgà. Ji visada nukreipta priešinga judėjimui kryptimi.

Rimties trintis



3.19 pav.

Atlikime bandymą ir pažiūrėkime, kaip atsiranda trinties jėga.

1 bandymas. Ant knygos padėkime kokį nors daiktą, pavyzdžiui, trintuką, ir kelkime vieną knygos galą į viršų. Iš pradžių trintukas nejuda (3.19 pav., *a*). Tik pakėlus knygos galą į tam tikrą aukštį, jis ima šliaužti žemyn (3.19 pav., *b*).

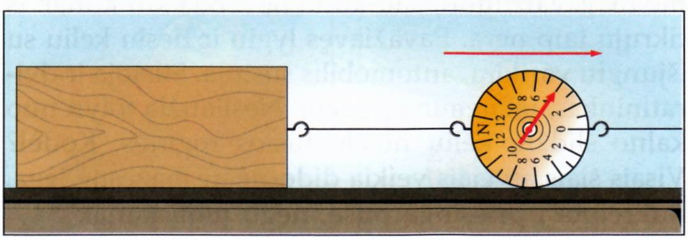
Kodėl, pradėjus kelti knygos kraštą, trintukas nešliaužia? Mat atsiranda jėga, trukdanti trintukui pajudėti. Ši jėga, veikianti tarp nejudančių kūnų, vadinama **rimtiẽs trintiẽs jėgà**.

2 bandymas. Prie sunkaus tašelio prikabinkime mokyklinį dinamometrą ir bandykime jį tempti išilgai stalo paviršiaus (3.20 pav.). Matysime, kad dinamometras rodo vis didesnę jėgą (tašelį veikianti dinamometro spyruoklės tamprumo jėga didėja), tačiau tašelis nepajuda iš vietos. Vadinasi, jį turi veikti priešingos krypties jėga, kuri atsvertų dinamometro spyruoklės tamprumo jėgą. Čia vėl atsiranda rimties trintis. Jei tašelį trauktume stipriau, jis pradėtų tolygiai šliaužti stalo paviršiumi.

Slydimo trintis

Trintį, atsirandančią vienam kūnui šliaužiant (slystant) kito kūno paviršiumi, vadiname **slydìmo trintimì**. Slydimo trinties jėgą rodė dinamometras tuo momentu, kai tašelis pradėjo tolygiai šliaužti

3.20 pav.





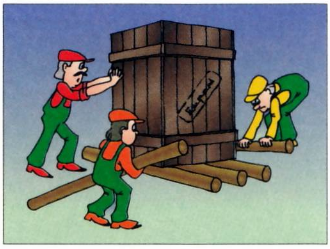


3.21 pav.

(3.20 pav.). Tokia trintis atsiranda, kai traukiame rogutes, čiuožiame pačiūžomis, šliuožiame slidėmis (3.21 pav.) ir t. t. Visais šiais atvejais kūnas slysta, kartais net labai sunkiai, kito kūno paviršiumi.

Riedėjimo trintis

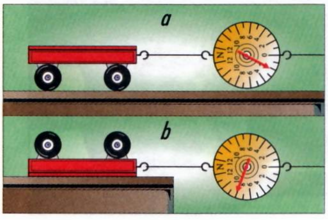
Trintį, atsirandančią vienam kūnui riedant kito kūno paviršiumi, vadiname **riedéjimo trintimì**. Ji daug mažesnė negu slydimo trintis. Todėl kartais naudinga slydimo trintį pakeisti riedėjimo trintimi. Pavyzdžiui, jei negalime patraukti sunkios dėžės, padedame po ja apvalius pagalius ar metalinius vamzdžius — ir traukti būna daug lengviau (3.22 pav.).



3.22 pav.

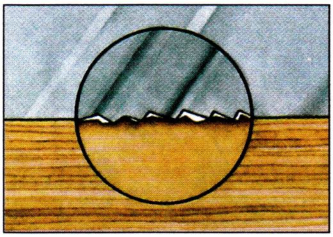
3 bandymas. Prikabinkime prie vežimėlio dinamometrą ir tolygiai traukime jį stalo paviršiumi (3.23 pav., *a*). Dinamometras rodys riedėjimo trinties jėgos didumą. Paskui vežimėlį apverskime, kad jis šliaužtų stalo paviršiumi (3.23 pav., *b*). Dabar dinamometro rodmuo bus daug didesnis. Vėl įsitikiname, kad riedėjimo trinties jėga yra mažesnė už slydimo trinties jėgą.

3.23 pav.



Dėl ko atsiranda trintis? Priežastis — ne viena. Tačiau svarbiausios yra šios:

- lietimosi paviršių gruoblėtumas,
- susiliečiančių kūnų molekulių tarpusavio trauka.


3.24 pav.

Net pažiūrėti labai lygūs paviršiai turi kauburiukų, nelygumų (3.24 pav.), kurie kliūva vieni už kitų ir trukdo kūnams judėti. O veidrodiškai nužvilginti kūnai, šliauždami vienas kito paviršiumi, sukimba dėl jų molekulių tarpusavio traukos.

Patirtis ir bandymai rodo, kad *juo sunkesnis daiktas ar didesne jėga jis spaudžiamas prie kito kūno, juo didesnė trinties jėga.*

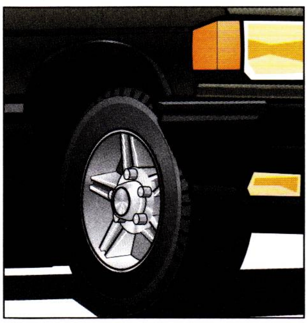
Trintis buityje ir technikoje

Su trintimi susiduriame kiekviename žingsnyje. Į ją tenka atsižvelgti technikoje. Kartais jos poveikis naudingas, kartais — žalingas.

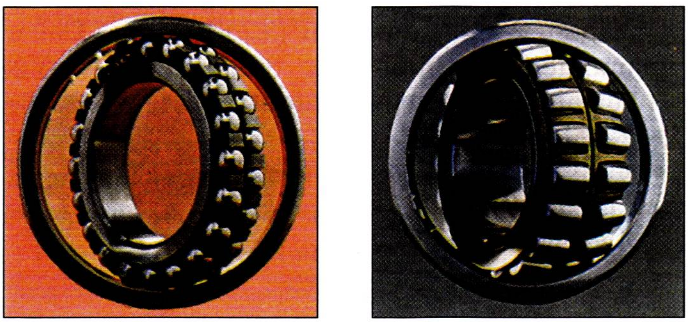
Jei nebūtų trinties, negalėtume nieko išlaikyti rankose, siūti bei susisegti drabužių, įkalti vinies į lentą, pradėti važiuoti ir sustoti, neveiktų automobilių stabdžiai. Ji neleidžia atsirišti į kasas įpintam kaspinui, subyrėti į dalis mechanizmams, padeda žmonėms ir gyvūnams vaikščioti žeme, neišslysti varžtui iš sienos ar plokštės.

Per maža trintis kartais gali būti pavojinga. Kad ji padidėtų, smėliu barstomas slidus kelias, alpinistams gaminami kaustyti batai, automobiliams — padangos su rantuotais protektoriais (3.25 pav.). Kai trintis per didelė, kaista ir greičiau susidėvi judančios įvairių mechanizmų dalys. Dėl to jos tepamos specialiomis alyvomis, naudojami trintį mažinantys rutuliniai ir ritininiai guoliai (3.26 pav.). Tokiuose guoliuose besisukantis velenas ne slysta, o rieda plieniniais rutuliukais arba ritinėliais.

3.25 pav.



3.26 pav.



Užduotys ??

1. Kodėl draudžiama važiuoti automobiliais, kurių nudilę padangų protektoriai?

2. Kodėl gerais keliais važinėjama automobiliais, kurių padangos su smulkaus rašto protektoriumi, o blogais keliais ir žiemą — su stambaus rašto?

3. Kodėl automobiliui pavojinga leistis nuo kalno šlapiu molingu keliu?

4. Kodėl į ąžuolinę lentą kalamą vinį patariama pamuilinti?

5. Kurios rūšies trintis atsiranda tarp knygos ir pieštuko, judančio taip, kaip parodyta 3.27 paveiksle, *a* ir *b*?

6. Kodėl tepamos alyva judančios ir susiliečiančios mašinų detalės?

7. Namuose pripilkite butelį vandens. Išsimuilinkite rankas ir bandykite atsargiai jį pakelti. Ar pasisekė? Paaiškinkite reiškinį.

8. Kodėl ūkiško muilo gabalėlį lengviau supjaustyti stipriu siūlu arba plona viela negu peiliu?

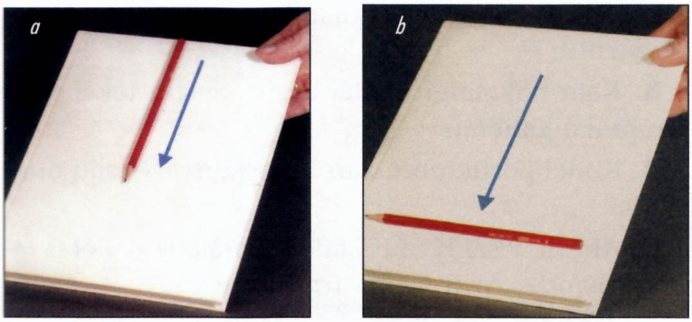
9. Kodėl reikia „nutiesti" pjūklo taką, t. y. išlankstyti gretimus dantis į priešingas puses?

10. Sutepus paviršius, trintis sumažėja. Tačiau kodėl, skaldant malkas, sunkiau išlaikyti sausą kirvio kotą negu šlapią?

11. Kodėl sunku rankose išlaikyti gyvą žuvį?

12. Įsivaizduokite ir pabandykite papasakoti, kas atsitiktų judrioje gatvėje mašinoms ir žmonėms, jei staiga pranyktų trintis.

3.27 pav.

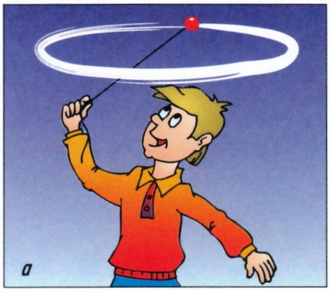


3.6. Įcentrinė jėga

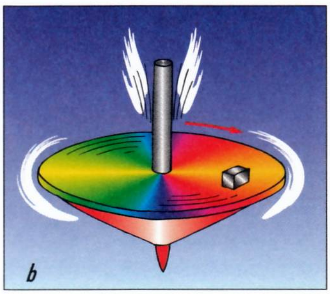


3.28 pav.

3.29 pav.



a



b

Daugeliui teko suktis karusele. Patyrėte, kad reikia nemažai pastangų, norint joje išsilaikyti (3.28 pav.). Panašų reiškinį matome sukdami virvute pririštą rutuliuką (3.29 pav., *a*), apie ašį diską, ant kurio padėtas tašelis (3.29 pav., *b*). Nutrūkus virvutei, rutuliukas lekia apskritimo liestinės kryptimi tolyn; jei per maža trintis tarp disko ir tašelio, šis nusviedžiamas nuo disko taip pat liestinės kryptimi (nes kreive judančio kūno greitis nukreiptas tos kreivės liestine).

Jėga, verčianti kūnus judėti apskritimu, vadinama įcentrinė. Ji gali būti įvairių rūšių: tamprumo, trinties, visuotinės traukos ir pan. Pavyzdžiui, virvute pririštą rutuliuką skrieti apskritimu verčia virvutės tamprumo jėga, ant disko padėtą tašelį — trinties jėga, Žemę aplink Saulę — visuotinės traukos jėga.

Kai kūnas skrieja apskritimu tolygiai, įcentrinė jėga keičia tik jo greičio kryptį. Ši jėga yra nukreipta į apskritimo centrą (tai atspindi ir jos pavadinimas).

Užduotys

1. Kuri jėga verčia automobilį daryti posūkius vingiuotame kelyje? Kas atsitinka, kai ta jėga būna per maža?

2. Kodėl greitaeigių variklių smagračiai turi labai stiprius bandažus? (Bandažas (pranc. *bander* — tvarstyti) — žiedas mašinų ar konstrukcijų detalėms sutvirtinti.)

3. Kam reikalingi greitai besisukančių tekėlų apsauginiai gaubtai?

4. Kodėl posūkiuose daromas skersinis kelių nuolydis?

5. Ant ne visai lygaus stalo paviršiaus padėtas tašelis nejuda. Ar jį veikia trinties jėga?

3.7. Jėgų atstojamoji

Dažnai kūną veikia ne viena, bet kelios jėgos, todėl svarbu sužinoti visų jų poveikį. Tuomet kelios vienu metu kūną veikiančios jėgos sudedamos. Gaunama joms lygi viena jėga, kuri vadinama tų **jėgų̃ atstojamą́ja**, o sudedamos jėgos — **dedamósiomis**.

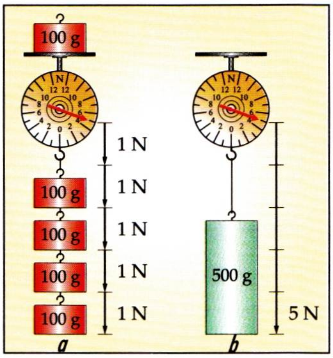
Sudedamos jėgos gali veikti:

- ta pačia tiese viena kryptimi,
- ta pačia tiese priešingomis kryptimis,
- lygiagrečiai.

Galimas ir kitoks jėgų išsidėstymas.

Pirmiausia išsiaiškinkime, kam lygi ta pačia tiese viena kryptimi veikiančių jėgų atstojamoji.

1 bandymas. Prie dinamometro paeiliui kabinkime 100 g masės pasvarus. Dinamometras atitinkamai rodys apie 1 N, 2 N, 3 N, 4 N, t. y. pasvarų svorio jėgų, veikiančių viena kryptimi, atstojamąją. Dabar dar vieną 100 g masės pasvarą padėkime ant dinamometro lėkštelės (3.30 pav., *a*). Dinamometras rodys vienu niutonu didesnę atstojamąją jėgą (4 N + 1 N = 5 N). Tiek pat jis rodys, jei vietoj penkių pasvarų po 100 g prikabinsime vieną 500 g masės pasvarą (3.30 pav., *b*).



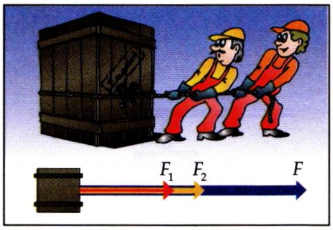
3.30 pav.

Tokį pat rezultatą galime gauti ir neatlikdami bandymo. Reikia tik atitinkamu masteliu tiesėje pavaizduoti kiekvieną dedamąją jėgą ir išmatuoti bendrą gautos atkarpos ilgį (žr. 3.30 pav.).

Jėgų, veikiančių ta pačia tiese viena kryptimi, atstojamoji lygi dedamųjų jėgų sumai ir veikia ta pačia kryptimi.

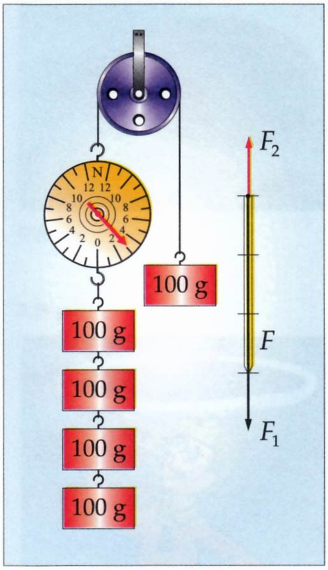
1 uždavinys. Sunkią dėžę už virvės traukia du vyrai (3.31 pav.): vienas — 500 N, kitas — 600 N jėga. Kokio didumo jėga yra traukiama dėžė?

3.31 pav.



$F_1 = 500$ N $F_2 = 600$ N	Sprendimas
F — ?	$F = F_1 + F_2$; $F = 500 \text{ N} + 600 \text{ N} = 1100 \text{ N} =$ $= 1{,}1$ kN.

Atsakymas: $F = 1{,}1$ kN.



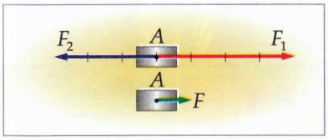
3.32 pav.

Dabar išnagrinėkime, kam lygi atstojamoji, kai jėgos veikia ta pačia tiese, tačiau priešingomis kryptimis.

2 bandymas. Prie dinamometro prikabinkime keturis pasvarus po 100 g. Dinamometras rodys apie 4 N. Prie viršutinio dinamometro kabliuko pririštą siūlą permeskime per skridinį ir prie jo pritvirtinkime 100 g masės pasvarą (3.32 pav.). Dabar dinamometras rodys tik apie 3 N. Ši jėga yra dviejų jėgų, veikiančių priešingomis kryptimis, atstojamoji.

Dviejų jėgų, veikiančių ta pačia tiese priešingomis kryptimis, atstojamoji lygi dedamųjų jėgų skirtumui ir veikia didesniosios jėgos kryptimi.

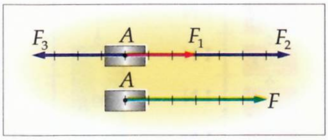
3.33 pav.



2 uždavinys. Kam lygi dviejų jėgų F_1 ir F_2, veikiančių kūną taške A, atstojamoji (3.33 pav.)?

$F_1 = 4$ N	Sprendimas
$F_2 = 3$ N	$F = F_1 - F_2$;
F — ?	$F = 4\text{ N} - 3\text{ N} = 1\text{ N}$.
	Atsakymas: $F = 1$ N.

3.34 pav.

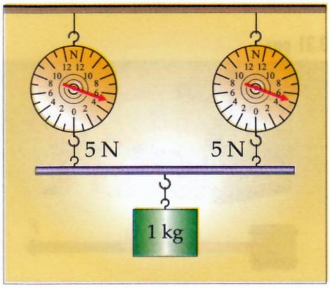


3 uždavinys. Kam lygi trijų jėgų, veikiančių kūną taške A, atstojamoji (3.34 pav.)?

$F_1 = 3$ N	Sprendimas
$F_2 = 7$ N	$F = F_1 + F_2 - F_3$;
$F_3 = 4$ N	$F = 3\text{ N} + 7\text{ N} - 4\text{ N} = 6\text{ N}$.
F — ?	Atsakymas: $F = 6$ N.

Praktikoje dažnai kūnus veikia lygiagrečios jėgos. Kaip randama jų atstojamoji?

3.35 pav.



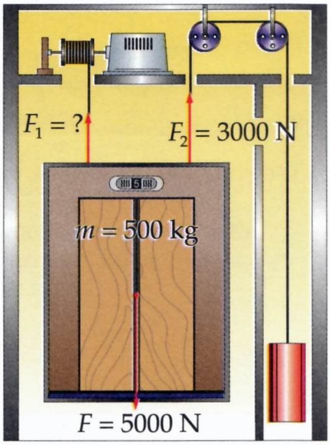
3 bandymas. Sujunkime du dinamometrus skersiniu ir prie jo per vidurį prikabinkime 1 kg masės svarstį (3.35 pav.). Kiekvienas dinamometras rodo apie 5 N. Taigi jėgų, kuriomis svarstis veikia abu dinamometrus, atstojamoji lygi 10 N. Patraukime svarstį arčiau kurio nors dinamometro. Abu dinamometrai rodo skirtingas jėgas, tačiau jų suma yra apie 10 N. Prikabinkime svarstį prie vieno dinamometro. Matysime, kad ir dabar jis rodys apie 10 N.

Dviejų lygiagrečiai ta pačia kryptimi veikiančių jėgų atstojamoji lygi tų jėgų sumai.

4 uždavinys. Kokio didumo jėga F_1 pastoviu greičiu elektros variklis kelia liftą, kai dalį jo svorio jėga F_2 išlaiko atsvaras (3.36 pav.)?

$F_2 = 3000$ N $F = 5000$ N F_1 — ?	Sprendimas $F = F_1 + F_2$; $F_1 = F - F_2$; $F_1 = 5000 \text{ N} - 3000 \text{ N} = 2000 \text{ N} = 2 \text{ kN}$.

Atsakymas: $F_1 = 2$ kN.



3.36 pav.

Jėgų sudėties uždavinius galima spręsti ir grafiškai, tačiau reikia braižyti tikslius brėžinius, dedamąsias jėgas ir jų atstojamąją vaizduoti atitinkamu masteliu.

Užduotys

1. Kiek niutonų rodys dinamometrai, kai prie jų prikabinsime arba ant jų uždėsime brėžinyje pavaizduotus pasvarus (3.37 pav., *a*, *b*)?

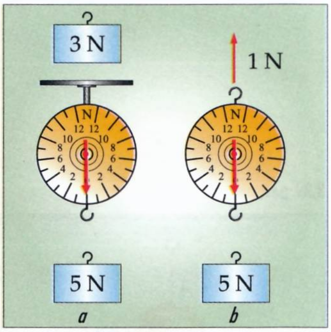
2. 40 kg masės berniukas neša 100 N svorio kuprinę. Kokio didumo jėga jis slegia žemę?

3. Kaip galėtų veikti kūną viena tiese dvi jėgos: 30 kN ir 40 kN? Kokia kiekvienu atveju būtų jų atstojamoji? Pavaizduokite grafiškai.

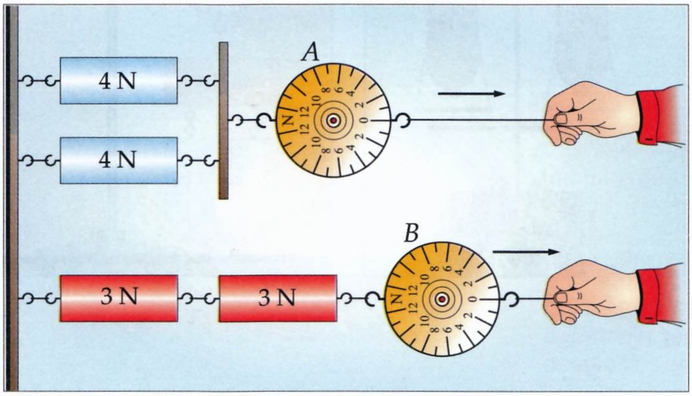
4. Grafiškai pavaizduokite viena tiese kūną veikiančias 6 N, 2 N, 9 N ir 5 N jėgas, kurios atsveria viena kitą.

5. Kokio didumo jėgą rodys dinamometrai *A* ir *B* (3.38 pav.)?

3.37 pav.



3.38 pav.



6. 80 kg masės balionas leidžiasi tolygiai. Apskaičiuokite jį veikiančią oro pasipriešinimo jėgą.

7. Horizontaliu keliu važiuojantį automobilį veikia 2 kN variklio traukos jėga, 500 N trinties jėga ir 430 N oro pasipriešinimo jėga. Apskaičiuokite atstojamąją jėgą.

8. Apskaičiuokite tolygiai važiuojančio automobilio variklio traukos jėgą, kai yra žinoma, kad jį veikianti trinties jėga lygi 1,2 kN, o oro pasipriešinimo jėga lygi 900 N.

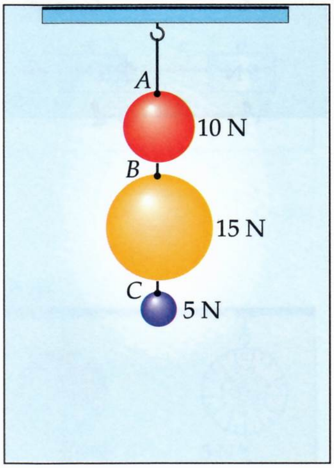
9. Kūną ta pačia tiese veikia 20 N ir 30 N jėgos. Vieną kartą jų atstojamoji lygi 50 N, kitą kartą — 10 N. Brėžiniu pavaizduokite, kaip veikia šios jėgos.

10. Ant siūlo kabo trys rutuliai, kurių svoris nurodytas 3.39 paveiksle. Apskaičiuokite jėgų, veikiančių taškus *A*, *B* ir *C*, didumą.

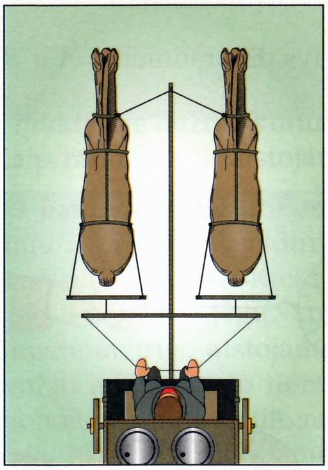
11. Du arkliai į vežimą kinkomi taip, kaip pavaizduota 3.40 paveiksle. Kodėl?

12. Prie demonstracinio dinamometro, kurio skalė uždengta, prikabinti trys pasvarai (3.41 pav.). Apskaičiuokite dinamometro rodmenį. Paskui atidenkite skalę ir patikrinkite, ar teisingai apskaičiavote.

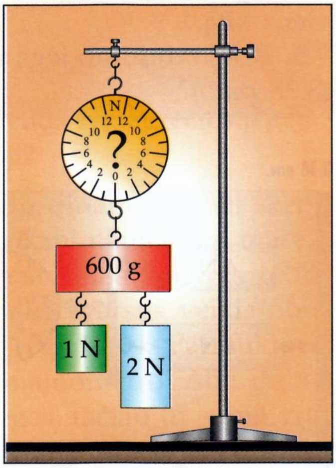
3.39 pav.



3.40 pav.

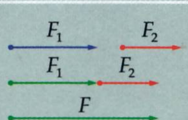
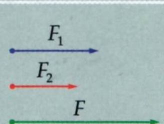
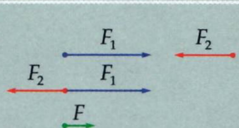


3.41 pav.



Skyriaus „Jėgų rūšys" santrauka

	Deformacija	Kūnų formos ir matmenų pakitimas vadinamas deformacija.
Jėgų rūšys	Tamprumo jėga	Jėga, kuri atsiranda deformuojamame kūne, vadinama tamprumo jėga. Jos kryptis yra priešinga nei kūną veikiančios išorinės jėgos. Tamprumo jėga priklauso nuo: • kūno medžiagos savybių; • kūno formos ir matmenų; • deformacijos dydžio.
Jėgų rūšys	Sunkio jėga (sunkis) $F_s = mg$ $g \approx 9{,}8$ m/s^2	Jėga, kuria kūną traukia Žemė, vadinama sunkio jėga.
Jėgų rūšys	Svoris $P = mg$	Jėga, kuria Žemės traukiamas kūnas veikia atramą arba pakabą, vadinama kūno svoriu.
Jėgų rūšys	Trinties jėga	Jėga, kuri atsiranda kūnų sąlyčio vietoje ir trukdo vienam jų pajudėti ar judėti kito kūno paviršiumi, vadinama trinties jėga. Ji visada nukreipta priešinga judėjimui kryptimi.
Jėgų rūšys	Trinties rūšys	Rimties trintis Slydimo trintis > riedėjimo trintis (kai kitos sąlygos vienodos).
	Jėgos matavimo prietaisai	Jėgos matavimo prietaisas — dinamometras.

Jėgų atstojamoji	Jėga, veikianti kūną taip, kaip kelios vienu metu veikiančios jėgos, vadinama tų jėgų atstojamąja.		
Jėgų atstojamoji	$F = F_1 + F_2$		Dviejų jėgų, veikiančių ta pačia tiese viena kryptimi, atstojamoji lygi dedamųjų jėgų sumai ir veikia ta pačia kryptimi.
Jėgų atstojamoji	$F = F_1 + F_2$		Dviejų lygiagrečiai veikiančių jėgų atstojamoji lygi tų jėgų sumai.
Jėgų atstojamoji	$F = F_1 - F_2$		Dviejų jėgų, veikiančių ta pačia tiese priešingomis kryptimis, atstojamoji lygi dedamųjų jėgų skirtumui ir nukreipta didesniosios jėgos kryptimi.





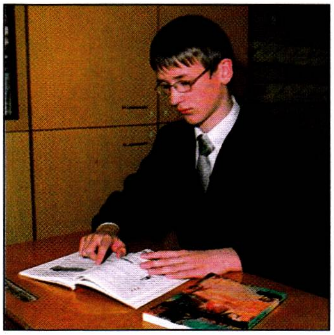
4 Mechaninis darbas. Galia. Mechaninė energija

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- darbo sąvoka;
- galios sąvoka;
- mechaninės energijos sąvoka ir tos energijos rūšimis: potencine bei kinetine energija;
- energijos tvermės dėsniu.

4.1. Mechaninis darbas

Buitinė darbo samprata



4.1 pav.

Apie darbą esame girdėję daug kartų. Tačiau buitinė ir fizikinė darbo prasmė ne visada sutampa.

1 pavyzdys. Mokinys atlieka namų darbus, sprendžia sudėtingus matematikos ar fizikos uždavinius (4.1 pav.). Ar jis dirba? Kiekvienas pasakys, kad mokymasis yra rimtas ir sunkus darbas. Tačiau fizikos požiūriu mokinys, spręsdamas matematikos ar fizikos uždavinius, jokio darbo kaip fizikinis kūnas neatlieka.

2 pavyzdys. Tas pats mokinys, sėkmingai susidorojęs su uždaviniais, sumanė pasportuoti: pakvietė draugą ir pasiūlė jam palenktyniauti, kuris greičiau užbėgs iš pirmo aukšto į penktąjį. Ar kas nors pasakys, kad berniukai dirba? Greičiau pabars, kad vaikai nieko neveikia, tik išdykauja. O fizikas pasakys, kad mokinys, užbėgdamas iš pirmo aukšto į penktąjį, atliko nemažą **mechãninį dárbą**.

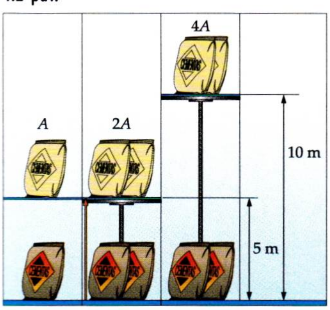
Fizikinė darbo samprata

Tad kas yra mechaninis darbas fizikine prasme? Mechaninis darbas atliekamas tada, kai *jėgos veikiamas* kūnas *pasislenka*. Kūnas neatlieka mechaninio darbo, kai:

1) jo neveikia jėga,
2) nepasislenka (nejuda) ir jėgos veikiamas,
3) iš inercijos juda tolygiai.

Nesunku įsitikinti, kad mechaninis darbas (fizikoje šis dydis žymimas raide A) priklauso nuo kūną veikiančios jėgos ir jo nueito kelio. Pavyzdžiui, keliant du maišus į 5 m aukštį, atliekamas dvigubai didesnis darbas, negu keliant vieną maišą į tokį pat aukštį, ir perpus mažesnis darbas, negu keliant du maišus į 10 m aukštį (4.2 pav.).

4.2 pav.



Mechaninis darbas yra fizikinis dydis, lygus kūną veikiančios jėgos ir to kūno nueito kelio sandaugai.

Šią taisyklę parašykime trumpiau:

darbas = jėga × kelias,

arba simboliais

$$A = Fs.$$

Ši mechaninio darbo formulė galioja tada, kai jėga kūną veikia išilgai kelio.

Pagrindinis darbo matavimo vienetas yra *džáulis*, kuris sutrumpintai žymimas J:

$$[A] = 1\ \mathrm{J} = 1\ \mathrm{N \cdot m}.$$

Taip jis pavadintas pagerbiant įžymų anglų fiziką Džeimsą Preskotą Džaulį (*J. P. Joule*, 1818—1889). Vienas džaulis — tai toks darbas, kurį 1 N jėga atlieka 1 m kelyje. Vartojami taip pat kartotiniai bei daliniai darbo matavimo vienetai: *megadžáulis* (MJ), *kilodžáulis* (kJ), *milidžáulis* (mJ) ir t. t.

1 MJ = 1 000 000 J = 10^6 J;
1 kJ = 1000 J = 10^3 J;
1 mJ = 0,001 J = 10^{-3} J.

Susipažinome su mechaniniu darbu. Mokydamiesi fizikos, vėliau nagrinėsite kitas darbo rūšis.

Užduotys ??

1. Pasakykite sunkio jėgos ir trinties jėgos atliekamo mechaninio darbo pavyzdžių.

2. Pakelkite į 1 m aukštį virš stalo 100 g ir 1 kg masės svarsčius. Atliksite 1 J ir 10 J darbą. Paaiškinkite, kaip apskaičiavote atliktą darbą.

3. Kokį darbą atlieka tolygiai judantis vežimėlis?

4. Ar atlieka darbą sunkio jėga, veikianti ant stalo stovinčią vazą?

5. Kokį darbą atliekate užlipdami laiptais į antrą aukštą?

6. Kada žmogus atlieka didesnį darbą — eidamas mažais žingsniais ar dideliais?

7. Rutuliukas iš inercijos tolygiai juda horizontaliu stalu. Ar bus atliekamas darbas, jei trinties ir oro pasipriešinimo nepaisysime?

8. Ar atliekamas darbas, kai erdvėlaivis laisvai skrieja apskritimu aplink Žemę?

9. Koks darbas atliekamas keliant iš 10 m gylio šulinio 10 kg masės kibirą vandens?
10. 5 N sveriantį vanagą oro gūsis pakėlė į 80 m aukštį. Kokį darbą jis atliko?
11. Garo kūjo masė lygi 2 t. Koks darbas atliktas dešimt kartų kūjį keliant į 120 cm aukštį?
12. Siurblys per 1 s išsiurbia iš 8 m gylio 2 l vandens. Kokį darbą šis siurblys atliks per parą?
13. 400 N jėga arklys traukia vežimą pastoviu 1,5 m/s greičiu. Kokį darbą jis atlieka per 2 h?

4.2. Galia

Darbo sparta

Išspręskime tokį uždavinį. Vytautas į 4 m aukštį virve įkopė per 8 s, Donatas — per 5 s. Kiekvieno berniuko masė lygi 50 kg. Ar vienodą darbą jie atliko?

Vytauto svoris $P_1 = m_1g = 50\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 500\ \text{N}$.
Donato svoris $P_2 = m_2g = 50\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 500\ \text{N}$.
Vytauto atliktas darbas

$$A_1 = P_1h = 500\ \text{N} \cdot 4\ \text{m} = 2000\ \text{J}.$$

Donato atliktas darbas

$$A_2 = P_2h = 500\ \text{N} \cdot 4\ \text{m} = 2000\ \text{J}.$$

Matome, kad abu berniukai atliko tokį pat darbą. Tačiau ar vienoda buvo jų darbo sparta? Be abejo, ne. Vytautas kopė daug ilgiau, taigi ir dirbo lėčiau — tą patį darbą padarė per ilgesnį laiką. Berniukų fiziniam pajėgumui apibūdinti, matyt, reikia kito dydžio. Jį randame lygindami abiejų darbą, atliktą per vienetinį laiko tarpą.

Pagal spartą lyginamas ir įvairių mašinų, transporto priemonių darbas.

Tai įdomu!

- *Technikoje plačiai vartojamas nestandartinis galios vienetas — árklio galià (AG):*
  1 AG = 735,5 W.
- *Arklio galiomis dažniausiai matuojama automobilių variklių galia, pavyzdžiui, „Mazdos“ variklio galia yra 80 AG.*
- *Kai kurių variklių, žmogaus galia*

Erdvėlaivio	2200 kW
Traktoriaus K 700	147 kW
Automobilio „Volkswagen“	70 kW
Žmogaus (vidutinė)	100 W
Žmogaus (trumpalaikė)	2 kW

Galia

Darbo spartą apibūdina fizikinis dydis, vadinamas galià. **Galia — tai darbas, atliktas per vienetinį laiko tarpą.** Ji apskaičiuojama darbą dalijant iš laiko, per kurį tas darbas atliktas:

$$\text{galia} = \frac{\text{darbas}}{\text{laikas}}.$$

Galią pažymėję simboliu N, gauname tokią galios formulę:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Galios pagrindinis matavimo vienetas pavadintas *vatù* (W) pagal anglų inžinieriaus ir išradėjo Džeimso Vato (*J. Watt*, 1736—1819) pavardę:

$$[N] = 1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J/s}.$$

Vienas vãtas — tai galia tokio mechanizmo, kuris per 1 s atlieka 1 J darbą. Dažnai galia matuojama stambesniais, kartotiniais, vienetais: *kilovãtais* (kW), *megavãtais* (MW).

1 kW = 1000 W = 10^3 W;
1 MW = 1000 kW = 10^6 W.

Užduotys

1. Įrašykite reikiamą žodį: „Juo daugiau laiko reikia tam tikram darbui atlikti, juo ... mašinos galia".

2. Ką reiškia teiginys „Traktoriaus galia didelė"?

3. Du vienodos masės berniukai plaukia tokiomis pačiomis valtimis skirtingu greičiu. Ar vienoda berniukų galia?

4. Kieno galia didesnė: lėtai laiptais kopiančio žmogaus ar į aukštį šokančio sportininko? Abiejų masė vienoda.

5. Traukdamas 100 N svorio kibirą su vandeniu iš 5 m gylio šulinio, žmogus užtruko 20 s. Kokia buvo jo galia?

6. Motorinio dviračio variklio galia lygi 600 W. Kokį darbą šis variklis gali atlikti per 20 s?

7. Siurblys 1 m^3 vandens į 30 m aukštį pakelia per 1 min. Apskaičiuokite siurblio variklio galią.

8. Kiek laiko turi dirbti 50 kW galios siurblio variklis, kad iš 180 m gylio kasyklos išsiurbtų 500 m^3 vandens?

9. Jei gyvenate daugiaaukščiame name, užbėkite kaip galima greičiau (jei leidžia sveikata) į paskutinį aukštą. Laikrodžiu išmatuokite bėgimo laiką. Žinodami, į kurį namo aukštą užbėgote, vieno aukšto aukštį (jei nežinote, išmatuokite) bei savo masę, apskaičiuokite atliktą darbą ir galią.

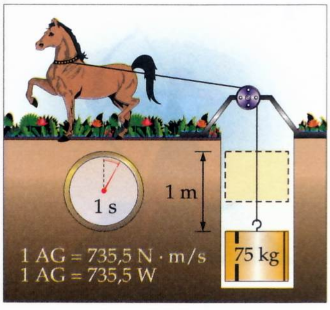
Tai įdomu!

• *Kaip atsirado arklio galia? 1769 metais anglų inžinierius ir išradėjas Džeimsas Vatas sukonstravo garo mašiną. Jis apskaičiavo, kad ta mašina kalnakasybos darbuose pakeičia 12 arklių, taigi jos galia lygi 12 arklio jėgų (dabar sakytume arklio galių). Nuo to laiko technikoje paplito arklio jėgos vienetas, nes nevykusiai buvo išverstas anglų kalbos žodis power (jėga, galia) žodžiu „jėga".*

Vėliau Dž. Vatas atliko bandymus, kuriais remdamasis nustatė, kad 75 kg masės krovinį į 1 m aukštį arklys gali pakelti per 1 s (4.3 pav.). Taip buvo išmatuotas vienos arklio galios didumas.

Vatas, be abejo, turėjo labai stiprų arklį, kuris tokią galią įgydavo per gana trumpą laiką. Kiti bandymai parodė, kad daugelio arklių galia yra mažesnė.

4.3 pav.



4.3. Mechaninės energijos samprata

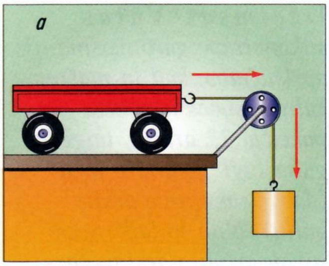
Žodį „energija" (gr. *energeia* — veikimas) girdime dažnai. Sakoma: energingas žmogus, energingi veiksmai, nepaprastas energingumas ir t. t. Dirbančiam beprasmį darbą patariame: „Neeikvok energijos be reikalo". Ir vis dėlto kas yra energija?

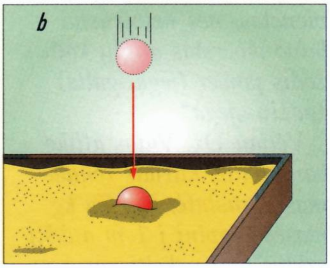
Tai vienas svarbiausių fizikinių dydžių, tačiau energijos sąvoka nėra labai akivaizdi, tiesiogiai suvokiama mūsų pojūčiais. Vis dėlto per keletą šimtmečių fizikams ją pavyko išaiškinti ir tiksliai apibrėžti.

Mechãninė enèrgija yra fizikinis dydis, rodantis, kokį darbą gali atlikti kūnas ar kūnų sistema.

Ji žymima raide *E* ir matuojama tais pačiais vienetais, kaip ir darbas — džauliais:

$$[E] = 1\ \mathrm{J}.$$





4.4 pav.

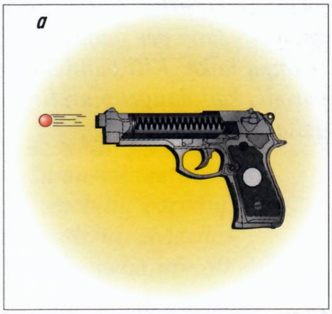
Pateiksime keletą pavyzdžių, kurie iliustruoja, kokiomis sąlygomis įvairūs kūnai gali atlikti darbą.

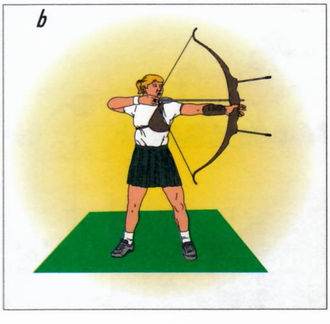
1. *Pakelti virš Žemės paviršiaus kūnai.* Pavyzdžiui, leisdamasis žemyn, pasvaras traukia vežimėlį (4.4 pav., *a*), nukritęs metalinis rutuliukas išmuša duobutę smėlyje (4.4 pav., *b*), užtvenktos upės vanduo suka hidroelektrinės turbinas.

2. *Deformuoti tamprūs kūnai.* Pavyzdžiui, suspausta balistinio pistoleto spyruoklė išsitiesdama „iššauna" metalinį rutuliuką (4.5 pav., *a*), deformuotas lankas — strėlę (4.5 pav., *b*).

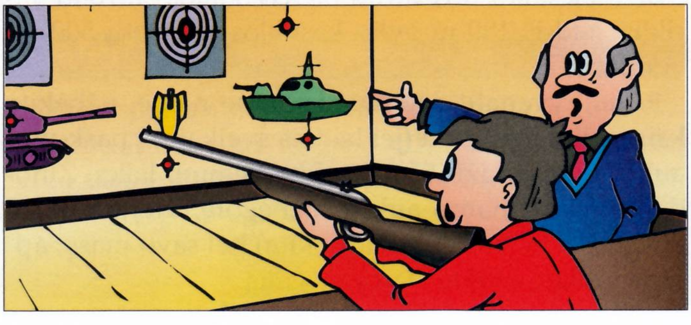
3. *Suspaustos dujos.* Pavyzdžiui, suspaustos dujos išstumia iš pneumatinio šautuvo kulką (4.6 pav.).

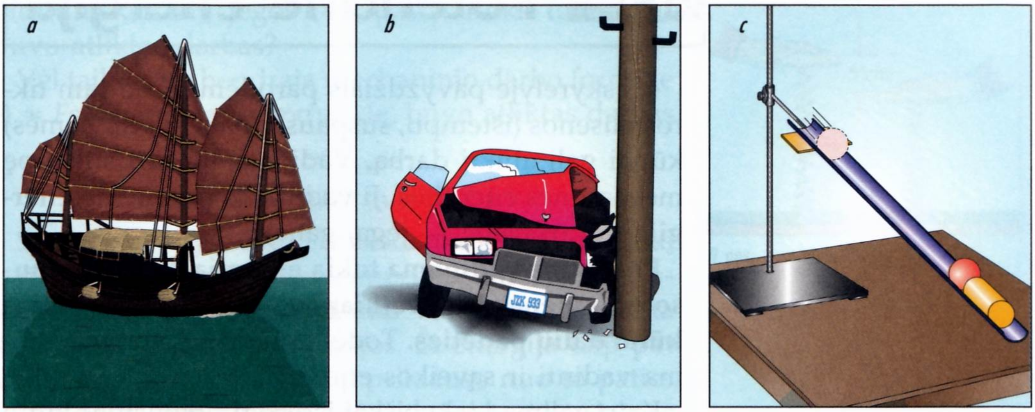
4.5 pav.





4.6 pav.





4.7 pav.

4. *Judantys kūnai.* Pavyzdžiui, judančio oro srautas — vėjas — gena burinį laivą (4.7 pav., *a*), į stulpą ar kurią nors kitą kliūtį atsitrenkęs automobilis deformuojasi (4.7 pav., *b*), paleistas riedėti pasvirusiu loveliu metalinis rutuliukas nustumia jo kelyje padėtą ritinėlį (4.7 pav., *c*).

Užduotys

1. 100 kg masės geležinė sija per 80 s pakeliama į 4 m aukštį. Apskaičiuokite galią, išvystytą keliant šią siją.

2. Kokį darbą atliktų 4.4 paveiksle, *b*, pavaizduotas 500 cm^3 tūrio geležinis rutuliukas, krisdamas iš 2 m aukščio?

3. Kūną keliant į 1,6 m aukštį, atliktas 240 J darbas. Apskaičiuokite kūno masę.

4. Kranas pakėlė 2,5 m^3 tūrio betoninę plokštę į 16 m aukštį. Kokį darbą atliko kranas?

5. Kokį darbą reikia atlikti tolygiai keliant vandenyje į 3 m aukštį stiklo bloką, kurio ilgis 1 m, plotis 0,6 m, storis 0,005 m?

6. 12 km kelią traukinys tolygiai nuvažiuoja per 10 min. Šilumvežio galia lygi 2950 kW. Kokio didumo pasipriešinimo jėga veikia traukinį?

4.4. Potencinė energija

4.3 skyrelyje pavyzdžiais parodėme, kad tam tikros būsenos (ištempti, suspausti, pakelti virš Žemės) kūnai gali atlikti darbą. Vadinasi, jie turi sukaupę mechaninės energijos. Ji vadinama **poteñcine enèrgija** (lot. *potentia* — jėga, galia).

Potencine vadinama tokia energija, kuri priklauso nuo vienas kitą veikiančių kūnų arba to paties kūno dalių padėties. Todėl potencinę energiją galima vadinti ir sąveikos energija.

Kaip galima kiekybiškai išreikšti potencinės kūno energijos vertę? Atsakymas į šį klausimą paaiškės išnagrinėjus čia pateiktą uždavinį.

1 uždavinys. 5 kg masės svarstis padėtas ant lentynos, kuri yra 2 m aukštyje nuo grindų (4.8 pav.). Apskaičiuokime šio svarsčio potencinę energiją grindų atžvilgiu.

Jau žinome, kad energija yra fizikinis dydis, rodantis, kokį darbą galėtų atlikti kūnas, jei susidarytų reikiamos sąlygos. Taigi kokį darbą atliktų šis svarstis, krisdamas nuo lentynos ant grindų?

Mechaninis darbas lygus kūną veikiančios jėgos ir to kūno nueito kelio sandaugai:

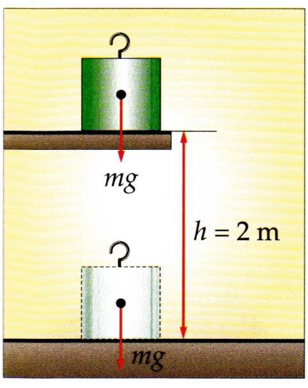
$$A = Fs.$$

Sunkio jėgos $F_s = mg$ veikiamas krintantis svarstis nueitų kelią h (tokia raide paprastai žymimas aukštis, kuriame yra kūnas), vadinasi, jis atliktų darbą

$$A = mgh;$$

$$A = 5\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2 \cdot 2\ \text{m} = 100\ \text{J}.$$

4.8 pav.



Jei svarstis galėtų atlikti 100 J darbą, tai ir potencinė jo energija iki to momento, kol jis darbo neatlieka, būtų 100 J.

Potencinę energiją pažymėję E_p, o darbą — A, gauname:

$$E_p = A,$$

arba

$$E_p = mgh.$$

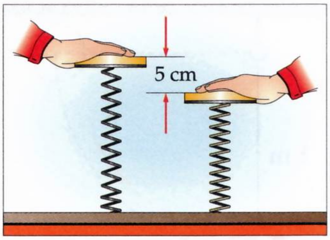
Tai yra masės m kūno, pakelto į aukštį h virš Žemės, potencinės energijos bendroji formulė.

2 uždavinys. Spyruoklei suspausti 5 cm prireikė vidutiniškai 4 N jėgos (4.9 pav.). Koks tuo metu buvo atliktas darbas?

Vėl taikysime bendrąją mechaninio darbo formulę $A = Fs$. Spaudžiant spyruoklę, buvo atliktas darbas

$$A = F_{vid}s;$$

$$A = 4\ \text{N} \cdot 0{,}05\ \text{m} = 0{,}2\ \text{J}.$$



4.9 pav.

Suspausta spyruoklė išsitiesdama gali atlikti tokį pat darbą (jei nepaisysime energijos nuostolių), kokį nuveikėme ją suspausdami. Vadinasi, suspausta spyruoklė įgijo 0,2 J energijos. Ši energija taip pat vadinama potencine (nes ji priklauso nuo to paties kūno dalių tarpusavio padėties), jos turintis kūnas gali atlikti darbą. Kai suspausta spyruoklė išsitiesdama atlieka darbą, jos potencinė energija mažėja.

Suspaustų dujų potencinę energiją nagrinėsime mokydamiesi fizikos aukštesnėse klasėse.

Užduotys

1. Sodininkas nori pakeisti sodo namelio stogo dangą — nuplėšti senus šiferio lapus ir uždengti naujais. Pasiūlykite įrenginį, kuriuo būtų galima senų šiferio lapų potencinę energiją panaudoti naujiems lakštams ant stogo užkelti.

2. Mestas į žemę krepšinio kamuolys kelis kartus nuo jos atšoka. Kodėl kas kartą jis pakyla vis žemiau?

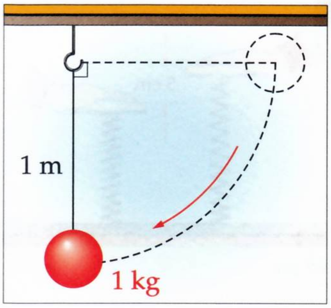
3. Kaip suprantate teiginį „Tame pačiame aukštyje didesnės masės akmuo turi daugiau energijos negu mažesnės masės akmuo"?

4. Ar gali du kūnai, pakelti į skirtingą aukštį, turėti vienodai potencinės energijos? Kokiomis sąlygomis?

5. Kokį darbą atliko žmogus, pakėlęs 3 kg masės kūną į 2 m aukštį? Kiek ir kokios energijos įgijo pakeltas kūnas?

6. Vaikiško spyruoklinio pistoleto spyruoklei suspausti 5 cm reikia vidutiniškai 16 N jėgos. Apskaičiuokite suspaustos spyruoklės potencinę energiją.

7. Viena spyruoklė suspausta 3 cm, kita tokia pat ištempta 3 cm. Palyginkite šių spyruoklių potencinę energiją.



4.10 pav.

8. Į kokį aukštį reikia pakelti 500 N svorio krovinį, kad jo potencinė energija padidėtų 3000 J?

9. 1 kg masės rutuliukas, pakabintas ant 1 m ilgio siūlo, patraukiamas į šoną 90° kampu ir paleidžiamas laisvai svyruoti (4.10 pav.). Susvyravęs 25 kartus, rutuliukas dėl oro pasipriešinimo sustojo. Kokį darbą atliko rutuliukas?

10. Kiek potencinės energijos turi 1 m^3 Anchelio krioklio (aukščiausio krioklio, krentančio Venesueloje, Čurūno upėje) vandens 979 m aukštyje?

4.5. Kinetinė energija

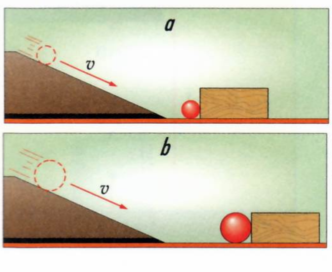
Kaip sakėme, darbą gali atlikti ir judantis kūnas, vadinasi, jis taip pat turi energijos. Ši **kūno judėjimo energija vadinama kinètine** (gr. *kinema* — judėjimas, *kinetikos* — judinamasis, varomasis).

Bandymas. Nuožulniąja plokštuma paleiskime riedėti rutuliuką. Jis pastums tos plokštumos gale pastatytą kliūtį — trinkelę (4.11 pav., *a*). Jeigu paleistume vis didesnės masės rutuliukus, matytume, kad kiekvieną kartą trinkelė pastumiama toliau (4.11 pav., *b*). Trinkelės pastūmimas — tai darbas. Juo masyvesnis rutuliukas, juo didesnį darbą jis gali atlikti, taigi turi ir daugiau energijos.

Dabar paleiskime tą patį rutuliuką riedėti iš didesnio aukščio. Pamatysime, kad jis įgis didesnį greitį ir toliau pastums trinkelę — atliks didesnį darbą. Vadinasi, bus didesnė ir jo kinetinė energija.

Pavyzdys. Juo stipresnis vėjas, t. y. didesniu greičiu juda oro srautas, juo intensyviau sukasi vėjo malūno sparnai.

4.11 pav.



Iš aprašyto bandymo ir pavyzdžio matyti, kad kinetinė kūno energija priklauso nuo jo masės ir greičio. Remiantis tiksliais bandymais, galima gauti tokią kinetinės energijos formulę:

$$E_k = \frac{mv^2}{2};$$

čia raide E_k pažymėta judančio kūno kinetinė energija, m — to kūno masė, v — jo greitis.

Kartais kūnas, pavyzdžiui, skrendantis paukštis ar lėktuvas, krintantis lietaus lašas ar lapas, tuo pačiu metu turi ir kinetinės energijos (nes juda tam tikru greičiu v), ir potencinės energijos (nes yra tam tikrame aukštyje virš Žemės). Kūno potencinės ir kinetinės energijos suma vadinama **pilnutinè mechãnine** kūno **enèrgija**. Ji lygi $E = mgh + \frac{mv^2}{2}$.

Užduotys ??

1. Kodėl lengviesiems automobiliams leidžiama greitkeliais važiuoti didesniu greičiu negu sunkvežimiams? (Atsižvelkite tik į automobilių masę.)

2. Ar gali du skirtingos masės kūnai turėti tiek pat kinetinės energijos.

3. Apskaičiuokite 20 g masės kūno, judančio 10 m/s greičiu, kinetinę energiją.

4. 10 m/s greičiu judančio kūno kinetinė energija lygi 1000 J. Kokia yra to kūno masė?

5. Palyginkite 0,5 kg masės futbolo kamuolio, skriejančio 30 m/s greičiu, ir 10 g masės kulkos, lekiančios 700 m/s greičiu, kinetinę energiją.

4.6. Energijos tvermės dėsnis mechaniniuose procesuose



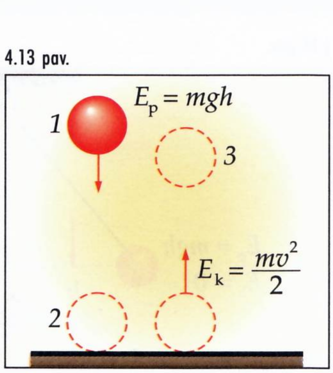
4.12 pav.

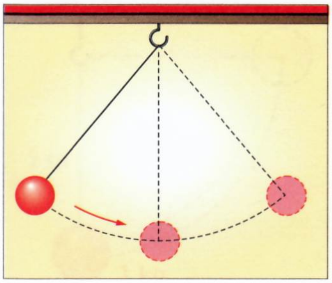
Energijos virsmai

Vykstant mechaniniams procesams, kinetinė kūnų energija gali virsti potencine, ir atvirkščiai. Tai nesunku pastebėti buityje, technikoje, gamtoje. 4.12 paveiksle pavaizduota principinė HE veikimo schema. Čia potencinė vandens energija virsta turbinos, kuri suka elektros generatorių, kinetine energija.

1 bandymas. Ant demonstracinio stalo padėkime plieninę plokštelę ir paleiskime kristi iš tam tikro aukščio plieninį rutuliuką. Jis atšoks nuo plokštelės ir pakils į beveik tą patį aukštį (4.13 pav.).

4.13 pav.





4.14 pav.

Šį reiškinį galima paaiškinti taip. Aukštyje h masės m rutuliukas turėjo potencinės energijos $E_p = mgh$ (*1* padėtis). Krintančio rutuliuko potencinė energija mažėjo (nes mažėjo aukštis), o kinetinė $E_k = \frac{mv^2}{2}$ didėjo (didėjo greitis). Kai tik jis palietė plokštelę (*2* padėtis), potencinė energija virto kinetine. Paskui rutuliukas deformavosi. Dėl to jis įgijo potencinės energijos, kuri ir pakėlė rutuliuką į beveik tą patį aukštį (*3* padėtis). Kodėl jis nepasiekė pradinio aukščio? Mat dalis mechaninės energijos buvo išeikvota rutuliukui ir plokštelei įšildyti.

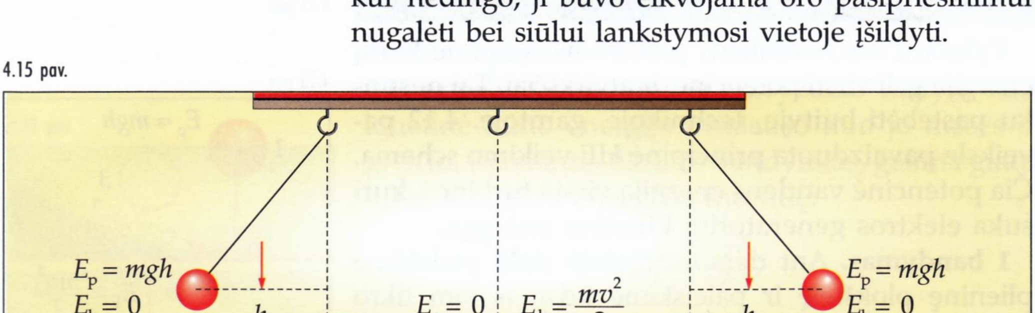
2 bandymas. Vieną siūlo galą įtvirtinkime, o kitą pririškime prie rutuliuko. Tada rutuliuką patraukime į šoną ir paleiskime. Jis svyruos gana ilgai (4.14 pav.), kol pagaliau sustos.

Kokie mechaninės energijos virsmai vyksta svyruojančiame rutuliuke? Patrauktas į šoną, jis pakyla į aukštį h (4.15 pav., *a*) ir įgyja potencinės energijos $E_p = mgh$. Kinetinė energija tuo momentu lygi nuliui, nes rutuliukas nejuda. Leisdamasis žemyn, rutuliukas didina greitį ir pasiekia žemiausią (pusiausvyros) padėtį didžiausiu greičiu v. Šiame taške jis turi daugiausia kinetinės energijos $E_k = \frac{mv^2}{2}$ (4.15 pav., *b*), tuo tarpu jo $E_p = 0$. Paskui rutuliukas vėl kyla į viršų — kinetinė jo energija mažėja (nes mažėja greitis), o potencinė didėja (nes didėja aukštis) (4.15 pav., *c*). Tam tikrame aukštyje h stabtelėjęs, jis grįžta pirmykšte trajektorija. Ilgokai pasvyravęs, rutuliukas vis dėlto sustoja. Kodėl? Kur prapuolė rutuliuko energija? Kaip ir 1-ajame bandyme, energija niekur nedingo, ji buvo eikvojama oro pasipriešinimui nugalėti bei siūlui lankstymosi vietoje įšildyti.

Tai įdomu!

Upių vandens energijos naudojimas. *Ši energija žmonių reikmėms tenkinti naudojama labai seniai. Jau apie I tūkstantmetį pr. Kr. vandens malūnų būta Urartu valstybėje. Vakarų Europoje jie pradėti statyti apie I amžių pr. Kr. Lietuvoje vandens malūnų atsirado XIV amžiaus pabaigoje, nors visiškai tikėtina, kad jie galėjo būti statomi XII—XIII amžiuje ar net anksčiau.*

4.15 pav.



Energijos tvermės dėsnis

Šie bandymai pailiustravo mokslininkų nuosekliais tyrimais bei kruopščiais bandymais nustatytą dėsnį, vadinamą **enèrgijos tvermės dėsniu**:

vykstant mechaniniams procesams, uždarosios kūnų sistemos bendras energijos kiekis nekinta.

Kitaip tariant, *energija savaime neišnyksta ir neatsiranda, tik vienos rūšies energija virsta kitos rūšies energija, o bendras jos kiekis lieka pastovus.*

Ką turime galvoje, kai, formuluodami energijos tvermės dėsnį, sakome „uždaroji kūnų sistema"? Nesileisdami į detalesnį aiškinimą (tai bus padaryta aukštesnėse klasėse), uždarąja kūnų sistema vadinsime izoliuotą kūnų grupę, t. y. kūnų sistemą, kurios neveikia kiti kūnai.

Mes kalbėjome apie mechaninę energiją bei dvi jos rūšis — kinetinę ir potencinę. Yra ir kitokių energijos rūšių: elektros, atominė, vidinė ir t. t. Beje, apie vieną jų — vidinę — jau užsiminėme. Kūnų įšilimas — ne kas kita, kaip vidinės jų energijos padidėjimas. Vienos rūšies energiją galima paversti kitos rūšies energija. Tokius energijos virsmus plačiau nagrinėsime aukštesnėse klasėse.

Užduotys ??

1. Kaip kinta mechaninės energijos rūšys leidžiantis parašiutininkui?

2. Kodėl trapūs daiktai pervežami supakuoti į popierių, šiaudus ar vatą?

3. Pasakykite keletą kūnų, kurie tuo pačiu metu turi ir kinetinės, ir potencinės energijos.

4. Dviratis, kuriuo važiuoja sportininkas, turi kinetinės energijos. Kokia energija ji virsta, kai dviratis stabdomas? kai įsibėgėjęs dviratininkas užvažiuoja ant kalniuko?

5. Kokie energijos virsmai vyksta atmušant teniso kamuoliuką?

6. 1200 kg masės poliakalė, krisdama iš 2 m aukščio, įkala polį į žemę 2 cm. Kokio didumo yra grunto pasipriešinimo jėga?

Tai įdomu!

- *Upių vandens energija Lietuvoje plačiau pradėta naudoti XVI amžiuje, paplitus vandens malūnams. Jų ratus sukdavo tekantis arba krintantis vanduo. Būta ne tik grūdų malimo, bet ir popieriaus, parako, audeklų vėlimo, liejimo bei kitokių malūnų.*
- *XVI amžiuje Rudnioje buvo pastatyta metalo liejykla — 8,5 m pločio ir 15,7 m ilgio, storų apvalių pušinių rąstų, dengtas gontais bei čerpėmis pastatas. Vanduo suko tris didelius ratus, kurių vienas varė lydomosios krosnies dumples, antras — kaitinamosios krosnies dumples, o trečias kilnojo kūjus, kalančius įkaitintą metalą.*
- *XVI—XVII amžiuje didelė patrankų liejykla veikė prie Valkininkų, ant Spenglos upės kranto. Jos mechanizmus varė Spenglos užtvenktas vanduo. Čia iš importinės salietros, sieros bei vietinių medžio anglių buvo gaminamas ir parakas. Jo žaliavą malė vandens malūnas.*

Tai įdomu !

• *1524 metais Didysis Lietuvos kunigaikštis ir Lenkijos karalius Žygimantas Senasis leido prie Vilnios upės Vilniuje pastatyti popieriaus malūną, kurio ratus suko vanduo. XVI—XVIII amžiuje Lietuvoje veikė net kelios dešimtys tokių malūnų: Prienuose — prie Drubingos upelio žiočių, Vievyje — prie Aliosos upelio, Bartkuškyje — prie Musės, Vepriuose — prie Geležės upelio ir kitur. 1841 metų surašymo duomenimis, Lietuvoje veikė 532 vandens varomos įmonės.*

• *Pagrindinė malūnų dalis — vandens sukamas ratas. Jis būdavo medinis su horizontaliu velenu. Vanduo šį ratą sukdavo dvejopai: tekėdamas iš apačios stumdavo vieną po kitos vertikaliai įtaisyto medinio rato plokštes (4.16 pav., a) arba krisdavo ant rato iš viršaus (4.16 pav., b). Pirmuoju atveju naudota tekančio vandens kinetinė energija, antruoju — užtvankoje sutelkto vandens potencinė energija.*

Galingesni buvo krintančio vandens sukami ratai. O kad vanduo galėtų kristi iš viršaus, reikėjo užtvenkti upę. Užtvankos būdavo statomos iš žabų, akmenų, žemės. Dabar tam plačiai naudojamas gelžbetonis.

• *Vandens pakėlimą užtvankomis reguliavo net valstybės teisynas — Lietuvos Statutas.*

• *Lietuvoje didžiausia yra Nemuno užtvanka ties Kaunu. Jos aukštis lygus 20 m, ilgis — 1,5 km. Kitos didesnės užtvankos: Šušvės ties Josvainiais — 18,5 m aukščio, 600 m ilgio, Dubysos ties Bubiais — 16,4 m aukščio, 328 m ilgio.*

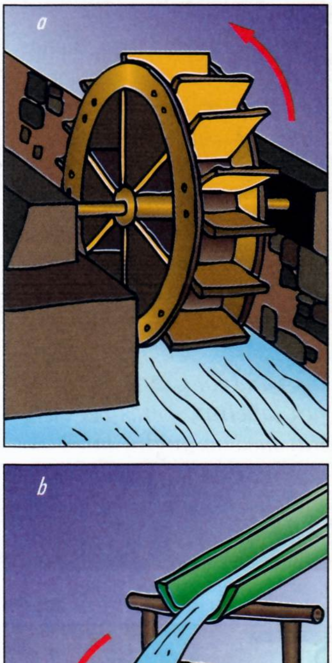
• *Potencinė Lietuvos vandens išteklių galia yra 582 MW, panaudojama tik 17 %.*

Ekologinės hidroenergetikos problemos. *Užtvankos turi ir neigiamų padarinių. Keičiasi upės nuotėkio režimas, vandens temperatūra, užšalimo trukmė, aplinkos mikroklimatas, gruntinio vandens lygis, pasunkėja ar iš viso pasidaro neįmanoma žuvų migracija, tvenkinio vanduo užlieja daug derlingos žemės.*

Vėjo energijos naudojimas. *Vėjas — oro judėjimas horizontalia kryptimi. Judančio oro srautas turi daug kinetinės energijos, kurią žmonės naudojo nuo seno; pavyzdžiui, senovės Rytų šalys, Graikija — laivyboje. Kryžiuočių kronikos mini lietuvių burinius laivus. Vėjo malūnai Lietuvoje atsirado palyginti vėlai. 1841 metų duomenimis, mūsų krašte jų buvo 161, daugiausia — Vidurio Lietuvoje ir Užnemunėje.*

• *Lietuvoje dažniausiai pučia vakarų, pietvakarių ir pietų vėjai. Vidutinis jų greitis Varėnoje siekia apie 2,9 m/s, Klaipėdoje — 5,7 m/s. 1981 metais Širvintose siautusio viesulo greitis, sprendžiant iš sugriovimų, buvo ne mažesnis kaip 70 m/s, o 1999 metų gruodį Lietuvą siaubusio „Anatolijaus“ — apie 40 m/s.*

4.16 pav.



Skyriaus „Mechaninis darbas. Galia. Mechaninė energija" santrauka

Mechaninis darbas	Mechaninis darbas atliekamas tada, kai jėgos veikiamas kūnas pasislenka.	
$A = Fs$	Mechaninis darbas yra fizikinis dydis, lygus kūną veikiančios jėgos ir to kūno nueito kelio sandaugai.	
$[A] = 1\ \text{J} = 1\ \text{N} \cdot \text{m}$	Vienas džaulis — tai toks darbas, kurį 1 N jėga atlieka 1 m kelyje.	
Galia	Darbo atlikimo spartą apibūdina fizikinis dydis, vadinamas galia. Ji lygi darbui, atliktam per vienetinį laiko tarpą.	
$N = \frac{A}{t}$	Galia apskaičiuojama darbą dalijant iš laiko, per kurį tas darbas atliktas.	
$[N] = 1\ \text{W} = 1\ \text{J/s}$	Vienas vatas — tai galia tokio mechanizmo, kuris per 1 s atlieka 1 J darbą.	
Mechaninė energija $[E] = 1\ \text{J}$	Mechaninė energija — fizikinis dydis, rodantis, kokį darbą gali atlikti kūnas ar kūnų sistema. Energija, kaip ir darbas, matuojama džauliais.	
Energijos rūšys	Mechaninė energija	
	Potencinė energija	Kinetinė energija
	Potencine vadinama tokia energija, kuri priklauso nuo vienas kitą veikiančių kūnų arba to paties kūno dalių padėties. Į aukštį h pakelto masės m kūno potencinė energija $E_p = mgh$	Energija, kurios turi judantis kūnas, vadinama kinetine. Masės m kūno, judančio greičiu v, kinetinė energija $E_k = \frac{mv^2}{2}$
Energijos tvermės dėsnis	Vykstant mechaniniams procesams, uždarosios kūnų sistemos bendras energijos kiekis nekinta.	



5 Mechaniniai svyravimai ir bangos

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- svyravimo reiškiniu;
- svyravimo rūšimis: laisvuoju svyravimu, priverstiniu svyravimu;
- svyravimą apibūdinančiais dydžiais: amplitude, periodu, dažniu;
- mechaninio rezonanso reiškiniu;
- bangos sąvoka;
- bangų rūšimis: skersinėmis bangomis, išilginėmis bangomis;
- bangą apibūdinančiais dydžiais: bangos ilgiu, periodu ir dažniu, sklidimo greičiu.

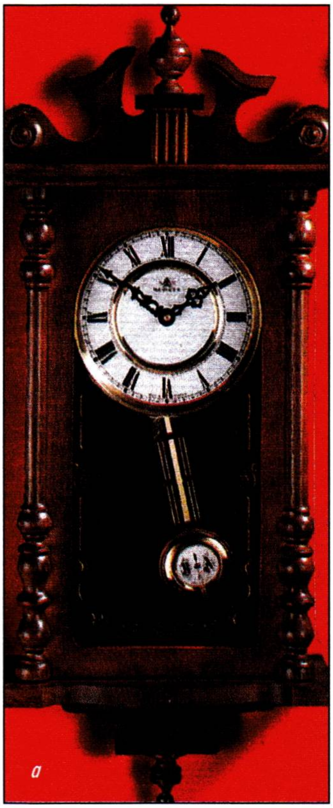
5.1. Periodiniai procesai

Svyravimo reiškinys

Dvi eglės eglyne
Čia smarkiai, čia tykiai
Linguoja sūpynę,
Svyruodamos lygiai...

Jurgis Baltrušaitis. Užsimiršimas

5.1 pav.

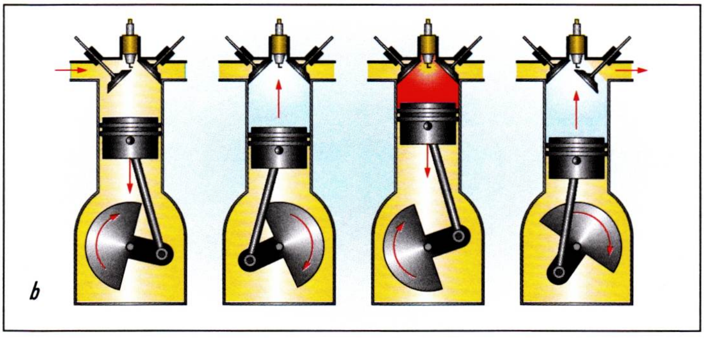

a

Kasdien susiduriame su daugybe pasikartojančių judesių, kuriuos vadiname **svyrãvimais** arba **virpesiaĩs**. Svyruoja laikrodžio svyruoklė, nuo vertikalės nukreiptos sūpuoklės, medžių šakos vėjyje, vidaus degimo variklio stūmoklis, bangų supamas laivas, virpa skambanti smuiko ar violončelės styga, pastatai, įvairių mechanizmų dalys ir t. t. (5.1 pav., *a*, *b*). Šie kūnai nuolat pasislenka tai į vieną, tai į kitą pusę.

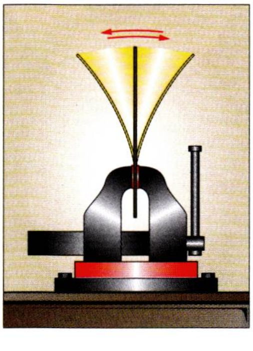
Atlikime keletą bandymų, kurie padės atskleisti svarbiausią svyravimo požymį.

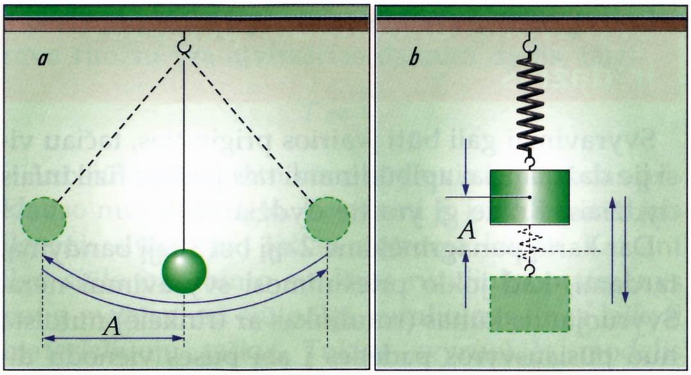
1 bandymas. Vieną plieninės liniuotės galą įtaisykime spaustuvuose, o kitą patraukime į šoną ir paleiskime (5.2 pav.). Liniuotė ims svyruoti — nukryps tai į vieną, tai į kitą pusę.

2 bandymas. Pakartokime 84 puslapyje aprašytą bandymą. Nedidelį metalinį rutuliuką pakabinkime ant ilgo siūlo, patraukime iš pusiausvyros padėties ir paleiskime. Matome, kad jis pakaitomis nukrypsta tai į vieną, tai į kitą pusę — juda ta pačia trajektorija priešingomis kryptimis (5.3 pav., *a*).


b

5.2 pav.





5.3 pav.

Ant ilgo siūlo pakabintas rutuliukas fizikoje dar vadinamas **svyruoklė**.

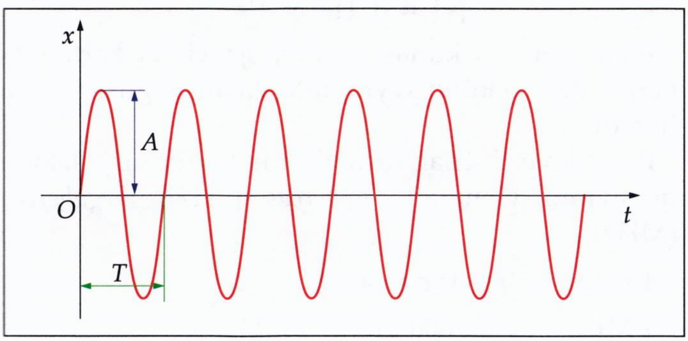
3 bandymas. Prie vertikaliai įtaisytos spyruoklės pritvirtinkime medinę trinkelę ir, patraukę ją žemyn, paleiskime svyruoti. Ir vėl pamatysime, kad trinkelė pakaitomis juda ta pačia trajektorija aukštyn žemyn (5.3 pav., *b*).

Taigi būdingas svyravimo požymis yra dėsningas pasikartojimas, arba periodiškumas. Po tam tikro laiko svyruojantis kūnas atsiduria toje pačioje padėtyje.

Periodiškai pasikartojantis kūno judėjimas ta pačia trajektorija pakaitomis į priešingas puses pusiausvyros padėties atžvilgiu vadinamas mechãniniu kū̃no svyrãvimu.

Šį judėjimą galima pavaizduoti grafiškai. Koordinačių sistemos vertikalioje ašyje atidėkime svyruojančio kūno nuokrypį x nuo pusiausvyros padėties, o horizontalioje — laiką t. Taškais pažymėję to kūno padėtį kiekvienu laiko momentu, gausime kreivę, pavaizduotą 5.4 paveiksle.

5.4 pav.



Tai įdomu!

• *Žemės drebėjimas — tai Žemės gelmėse vykstančių procesų sukeltas jos paviršiaus svyravimas. Kasmet užfiksuojama apie 1000 žemės drebėjimų, kurie padaro daugybę nuostolių. Kiek žinoma, daugiausia žmonių (apie 1 100 000) žuvo per žemės drebėjimą Artimuosiuose Rytuose ir Viduržemio jūros rytinėse pakrantėse (1201 metų liepos mėnesį).*

• *Potvyniai ir atoslūgiai yra jūrų bei vandenynų paviršiaus lygio periodinis kitimas, sukeliamas Mėnulio ir Saulės traukos. Didžiausi potvyniai ir atoslūgiai būna Atlanto vandenyno Fandžio įlankoje ties Šiaurės Amerikos krantais prie Naujosios Škotijos pusiasalio. Vidutinė jų amplitudė siekia 14,5 m.*

Svyravimo amplitudė, periodas ir dažnis

Svyravimai gali būti įvairios prigimties, tačiau visi jie dažniausiai apibūdinami tais pačiais fizikiniais dydžiais. Kokie gi yra tie dydžiai?

Dar kartą panagrinėkime 2-ąjį bei 3-iąjį bandymą, tardami, kad jokio priešinimosi svyravimui nėra. Svyruojantis kūnas (rutuliukas ar trinkelė) nutolsta nuo pusiausvyros padėties į abi puses vienodu didžiausiu atstumu. Tas didžiausias kūno nuokrypis nuo pusiausvyros padėties vadinamas **svyrãvimo amplitudè**. Ji matuojama ilgio vienetais: metrais, centimetrais ir pan. 5.3 paveiksle, *a* ir *b*, svyravimo amplitudė pažymėta raide *A*. (Kartais ji dar žymima x_m arba x_0.)

Svyruojančio kūno padėtis ir greitis po tam tikro laiko tarpo pasikartoja. Tas laiko tarpas, per kurį kūnas susvyruoja vieną kartą, kitaip tariant, vieno svyravimo trukmė, vadinama **svyrãvimo periodù** ir žymima raide *T* (ta pačia, kaip ir kūno judėjimo apskritimu periodas). Svyravimo periodo matavimo vienetas yra *sekùndė*: $[T] = 1$ s.

Periodui atvirkščias dydis vadinamas **svyrãvimo dažniù**. Jis rodo, kiek kartų per 1 s susvyruoja kūnas, t. y. kiek kartų per 1 s pasikartoja svyravimas. Dažnis žymimas graikiška raide ν (tariama „ni"). Taigi

$$\nu = \frac{1}{T}. \qquad (1)$$

Dažnio matavimo vienetas vadinamas *hercù* (sutrumpintai šis vienetas žymimas Hz):

$$[\nu] = 1\ \text{Hz} = 1\ \text{s}^{-1}.$$

Jeigu per 1 s kūnas susvyruoja vieną kartą, sakoma, kad to kūno svyravimo dažnis lygus vienam hèrcui.

Praktikoje dažnai vartojami ir kartotiniai dažnio matavimo vienetai: *kilohèrcas* (kHz), *megahèrcas* (MHz).

$1\ \text{kHz} = 1000\ \text{Hz} = 10^3\ \text{Hz};$

$1\ \text{MHz} = 1000000\ \text{Hz} = 10^6\ \text{Hz}.$

Tai įdomu!

• *Svyravimai vyksta ir mūsų organizme: ritmingai plaka širdis, virpa balso stygos. Svyravimo dėsniais pagrįstas radijo, televizijos bei daugelio mašinų veikimas.*

• *Dažnio matavimo vienetas pavadintas hercu, pagerbiant daug nusipelniusį elektrinių virpesių tyrėją, vokiečių fiziką Heinrichą Hercą (*H. Hertz, *1857—1894).*

• *Vilniaus televizijos 326 m aukščio bokšto viršūnės amplitudė pučiant stipriam vėjui gali siekti 3 m.*

Iš (1) formulės išplaukia, kad svyravimo periodas savo ruožtu yra atvirkščias dažniui dydis, taigi

$$T = \frac{1}{\nu}.$$

Ant siūlo pakabinto kūno svyravimo periodas priklauso nuo siūlo ilgio. Keisdami jį, įsitikintume: juo ilgesnis siūlas, juo lėčiau svyruoja kūnas. Kai ant ilgo siūlo pakabinto sunkaus rutuliuko matmenys daug mažesni už siūlo ilgį, rutuliuką galima laikyti materialiuoju tašku. Tokios svyruoklės modelis vadinamas **matematine svyruoklė**. Jos svyravimo periodas išreiškiamas formule

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};$$

čia T — svyravimo periodas, l — svyruoklės ilgis, g — laisvojo kritimo pagreitis ($g \approx 9{,}8$ m/s^2). Iš formulės matyti, kad matematinės svyruoklės periodas nepriklauso nuo svyruojančio kūno masės.

Užduotys

1. Svyruoklės svyravimo periodas lygus 0,5 s. Koks yra tos svyruoklės svyravimo dažnis?

2. Per 30 s kūnas susvyruoja 24 kartus. Apskaičiuokite to kūno svyravimo periodą bei dažnį.

3. Prie ilgo siūlo pririšto svambalo svyravimo periodas lygus 3 s. Kiek kartų tas svambalas susvyruoja per 2 min?

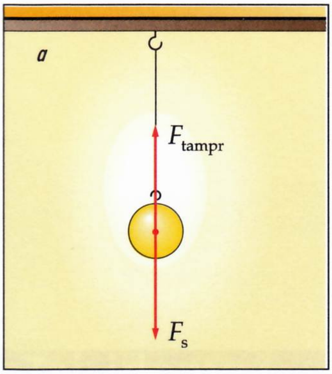
4. Kiek kartų per 4 minutes susvyruos prie spyruoklės prikabintas svarstis, kurio svyravimo dažnis 2 Hz?

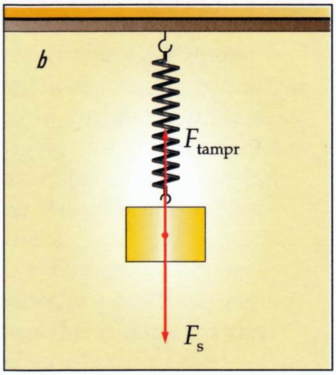
5. Svyravimo periodas T = 2 s, o amplitudė A = = 10 cm. Pasirinkę reikiamą mastelį, nubraižykite tokio svyravimo grafiką.

6. Plieninės liniuotės (žr. 5.2 pav.) galo svyravimo amplitudė lygi 1 cm, o dažnis lygus 5 Hz. Kokį kelią nueina liniuotės galas per 2 s?

7. Mokinys matavo laisvojo kritimo pagreitį matematine svyruokle, kurios siūlo ilgis buvo lygus 100 cm. Per 60 s ši svyruoklė susvyravo 30 kartų. Kokią pagreičio vertę gavo mokinys, remdamasis savo bandymo duomenimis?

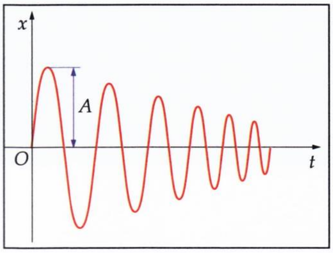
5.2. Laisvasis ir priverstinis svyravimas





5.5 pav.

5.6 pav.



Laisvasis svyravimas

5.1 skyrelyje nagrinėjome ant siūlo pakabinto metalinio rutuliuko ir prie spyruoklės pritvirtintos medinės trinkelės svyravimą. Rutuliukas pradėjo svyruoti patrauktas į šoną nuo pusiausvyros padėties, o trinkelė — patempta žemyn arba pakelta aukštyn. Abu kūnus veikė jėgos, verčiančios juos svyruoti: rutuliuką — jo sunkis F_s ir siūlo tamprumo jėga F_{tampr} (5.5 pav., *a*), trinkelę — jos sunkis F_s ir spyruoklės tamprumo jėga F_{tampr} (5.5 pav., *b*). Patraukdami rutuliuką ir trinkelę iš pusiausvyros padėties, suteikiame jiems energijos.

Svyravimas, kurį sukelia kūną veikiančios vidinės jėgos, vadinamas laisvúoju arba savúoju. Jei nebūtų jokio pasipriešinimo, toks svyravimas tęstųsi be galo ilgai, o jo amplitudė nesikeistų — visą laiką būtų vienoda (žr. 5.4 pav.).

Tačiau iš tikrųjų taip nėra. Ilgainiui amplitudė mažėja, taigi svyravimas slopsta. **Svyravimas mažėjančia amplitude vadinamas slopìnamuoju**. 5.6 paveiksle pavaizduotas tokio svyravimo grafikas.

Svyravimo slopimo sparta priklauso nuo daugelio priežasčių, tarp jų ir nuo pasipriešinimo. Juo didesnis pasipriešinimas, juo greičiau slopsta svyravimas. Pamėginkite ant siūlo pakabintą rutuliuką priversti svyruoti vandenyje. Matysite, kad rutuliukas susvyruos vos vieną ar du kartus. Panardintas į klampų skystį, jis apskritai nesvyruos. Jeigu tokį rutuliuką patrauksime į šoną, jis paprasčiausiai grįš į pusiausvyros padėtį.

Priverstinis svyravimas

Jei laisvai svyruojančią svyruoklę periodiškai veiksime išorine jėga, kurios kryptis sutaps su svyruoklės judėjimo kryptimi, t. y. svyruoklę stumdysime į taktą su jos savuoju svyravimu, jis neslops. Išorinė

jėga papildys svyruoklės energiją ir dėl to neleis pasipriešinimo jėgoms nuslopinti svyravimo. Svyruoklė svyruos išorinės jėgos veikimo dažniu. Toks svyruoklės svyravimas vadinamas **priverstiniù**, o jį sukelianti periodinė išorinė jėga — **priverstinè jėgà**.

Priverstinis svyravimas labai plačiai paplitęs technikoje. Tokiu svyravimu galima laikyti, pavyzdžiui, rūšiavimo mašinų sietų, automobilio variklio cilindro stūmoklio, siuvamosios mašinos adatos, drožimo staklių peilio svyravimą.

Mechaninis rezonansas

Kiekvienam kūnui būdingas tam tikras laisvojo svyravimo dažnis. Jeigu kūną veikiančios priverstinės jėgos kitimo dažnis sutampa su to kūno laisvojo svyravimo dažniu, kūnui perduodama daugiausia energijos ir dėl to ryškiai padidėja priverstinio svyravimo amplitudė. Šis reiškinys vadinamas **mechãniniu rezonánsu** (lot. *resonans* — aidintis, atsiliepiantis). Pailiustruosime jį bandymais.

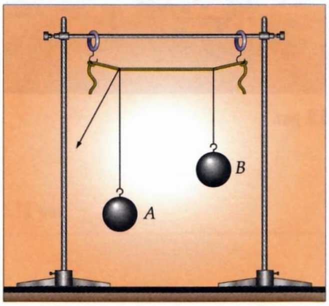
1 bandymas. Iš laboratorinio stovo detalių surinkime rėmus (5.7 pav.) ir ant jų skersinio užmaukime du žiedus su kabliukais. Kabliukus sujunkime virvute arba storu siūlu, o prie įtemptos virvutės prikabinkime dvi skirtingo ilgio svyruokles: *A* ir *B*. Svyruoklės *A* ilgį galime keisti, ranka traukdami laisvąjį siūlo, ant kurio ji kabo, galą.

Iš pradžių svyruoklė *A* tegu būna ilgesnė už svyruoklę *B*. Išjudinta svyruoklė *A* per virvutę tam tikra periodine jėga veikia svyruoklę *B* ir priverčia ją svyruoti. Tempdami siūlą, mažinkime svyruoklės *A* ilgį, o kartu ir jos laisvojo svyravimo dažnį. Kai svyruoklių *A* ir *B* ilgis (laisvojo svyravimo dažnis) susilygins, svyruoklės *B* amplitudė staiga ryškiai padidės — įvyks rezonansas.

2 bandymas. Prie 1-ajame bandyme aprašyto įrenginio virvutės prikabinkime keletą skirtingo dydžio rutuliukų: mažiausią ir didžiausią — vienodo ilgio siūlais, kitus — skirtingo ilgio siūlais (5.8 pav.). Išjudinkime mažiausią rutuliuką. Po kurio laiko pradės svyruoti ir kiti. Iš jų išsiskirs masyviausias rutuliukas, mat jis siūbuos didžiausia amplitude. Taigi stebėsime vienodo ilgio svyruoklių rezonansą.

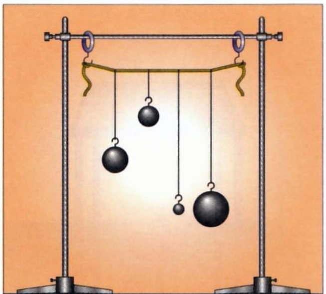
Tai įdomu!

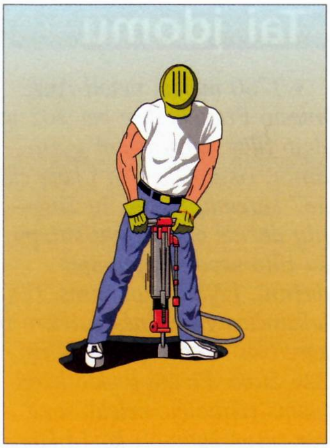
- *1750 metais netoli Anžė miesto Prancūzijoje per 102 m ilgio tiltą, kabantį ant grandinių, rikiuotėje koja į koją ėjo 487 kareivių būrys. Jų žingsnių dažnis atsitiktinai sutapo su tilto savojo svyravimo dažniu. Įvyko rezonansas, tiltą laikančios grandinės sutrūko ir kareiviai sukrito į upę, iš jų 226 žuvo. Po šio įvykio kareiviams rikiuotėje neleidžiama per tiltus žygiuoti koja į koją.*
- *1906 metais Peterburge sugriuvo Egipto tiltas per Fontankos upę. Tai atsitiko, kai kavalerijos eskadrono, žygiavusio per šį tiltą, gerai apmokytų eiti maršo taktu arklių žingsnių dažnis sutapo su tilto savojo svyravimo dažniu. Žuvo apie 40 žmonių.*



5.7 pav.

5.8 pav.







5.9 pav.

Su mechaninio rezonanso reiškiniu neretai susiduriame ir kasdieniame gyvenime. Sunkiam automobiliui pravažiuojant pro namą, subarba to namo langų stiklai, kibire nešamas vanduo einant ima teliūskuotis ir t. t.

Rezonansas gali būti tiek naudingas, tiek žalingas. Naudingas jis esti tada, kai reikia padidinti svyravimo amplitudę, pavyzdžiui, specialiais vibratoriais kalant polius, ardant kelio dangą, plūkiant gruntą (5.9 pav.). Antra vertus, rezonansas gali būti mašinų, pastatų, tiltų bei kitokių įrenginių suirimo priežastis. Antai elektros variklių arba garo turbinų greitai besisukančios detalės gali subyrėti, jeigu bus blogai centruotos, nes dėl to jų savųjų svyravimų dažnis gali atsitiktinai sutapti su variklio ar turbinos svyravimo dažniu. Siekdami išvengti pavojingų rezonanso padarinių, konstruktoriai iš anksto apskaičiuoja savąjį mašinų bei įrenginių dažnį, kad, eksploatuojant tuos įrenginius, rezonansas nepasireikštų. Kariniams daliniams draudžiama per tiltus žygiuoti koja kojon.

Užduotys ??

1. Vienos svyruoklės svyravimo periodas yra 1,2 s, kitos svyravimo dažnis — 0,8 Hz. Kiek kartų per 1 min susvyruoja kiekviena svyruoklė?

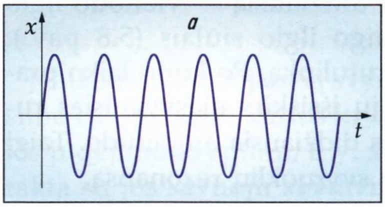
2. Kūno svyravimo periodas sumažėjo perpus. Kaip ir kiek pakito svyravimo dažnis?

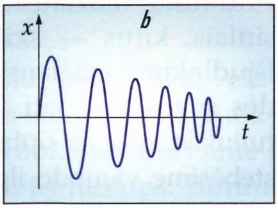
3. Kibire nešamas vanduo, paėjus keletą žingsnių, kartais ima smarkiai teliūskuotis. Kodėl?

4. Kodėl važiuojančio tam tikru greičiu autobuso langų stiklai pradeda stipriai drebėti, o važiuojančio dar greičiau ar lėčiau — nedreba?

5. 5.10 paveiksle, *a* ir *b*, pavaizduoti du skirtingi svyravimai. Palyginkite juos.

5.10 pav.





5.3. Mechaninės bangos

Ežero skaisčios bangos liūliavo
Žaliu smaragdu;
Laivą be irklo varė, lingavo
Vėsos dvelkimu.

Maironis. Vakaras

Bangas teko matyti arba apie jas girdėti kiekvienam (5.11 pav.). Daugelis tikriausiai grožėjotės aukštomis putotomis jūros bangomis, mušančiomis į krantą. Kitus gal labiau viliojo ramios liūliuojančios ežero bangos. Maudydamiesi ar mėtydami į vandenį akmenukus, ne kartą priversdavote banguoti lygų ežero paviršių. Pučiant vėjui, galima pamatyti, kaip banguoja javų laukas. O kiek kartų bangos įpintos į poezijos posmus.



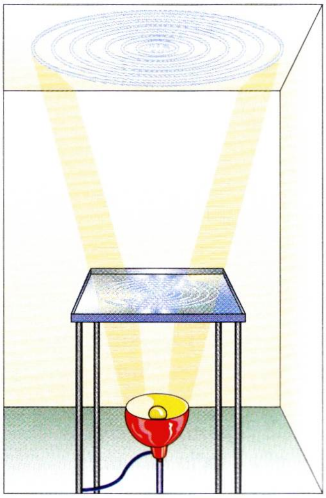
5.11 pav.

Ar pagalvojote, kad bangavimas yra fizikinis reiškinys? Kas yra banga? Kodėl ji atsiranda ir kaip plinta?

Svyravimo perdavimas

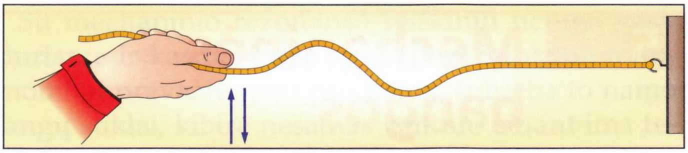
Kietųjų kūnų, skysčių ir dujų dalelės veikia viena kitą. Jei kurią nors vieną dalelę (ar jų grupę) priversime svyruoti, tai ji dėl minėtos sąveikos išjudins gretimą dalelę, ši — tolimesnę ir taip svyravimas persiduos tam tikru greičiu į visas puses. Tuo nesunku įsitikinti stebint banguojantį vandens paviršių.

5.12 pav.



1 bandymas. Bangų vonelę peršviečiamu dugnu pripilkime vandens ir įmeskime į jį kamščio nuolaužą ar kokį nors kitą mažą daiktelį. Netrukus nuo jos į visas puses vandenyje pasklis ratilai — bangos (5.12 pav.). Ant lubų matysime jų atvaizdą. Vanduo vonelėje neteka — keičiasi tik jo paviršiaus forma.

2 bandymas. Ilgos virvutės ar guminės žarnelės vieną galą įtvirtinkime, o kitą — staigiai pradėkime judinti aukštyn žemyn, t. y. priverskime svyruoti.

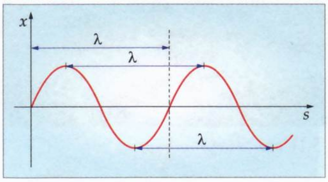


5.13 pav.

Virvutės forma nuolat keisis — virvute bėgs banga (5.13 pav.), tačiau pati virvutė liks rankoje.

Abu bandymai įtikino, kad terpe (vandeniu, virvute) sklindanti banga medžiagos neperneša. Plinta tik terpės svyravimas.

Svyravimo sklidimas terpe vadinamas mechãnine bangà.



5.14 pav.

Bangos ilgis ir sklidimo greitis

Per laiką T, kol pirmoji išjudinta terpės dalelė baigs savo pirmąjį svyravimą (taigi per vieną dalelės svyravimo periodą), banga nusklis tam tikrą atstumą. Jis vadinamas **bangõs ilgiù** ir paprastai žymimas graikiška raide λ (tariama „lambda“). 5.14 paveiksle pavaizduota sklindanti banga tam tikru laiko momentu ir pažymėtas tos bangos ilgis λ. Iš brėžinio matyti, kad atstumas tarp gretimų bangos keterų arba įdubų taip pat lygus bangos ilgiui.

Bangos ilgį dalijant iš periodo, t. y. laiko, reikalingo bangai nusklisti tokį atstumą, nustatomas **bangõs sklidìmo greĩtis**:

$$v = \frac{\lambda}{T}, \quad \text{arba} \quad v = \lambda\nu.$$

Antra vertus, žinant bangos sklidimo greitį bei periodą, galima apskaičiuoti tos bangos ilgį:

$$\lambda = vT, \quad \text{arba} \quad \lambda = \frac{v}{\nu}.$$

Čia pateiktos bangos sklidimo greitį, ilgį, periodą ir dažnį siejančios formulės tinka bet kokios prigimties bangoms, kaip antai mechaninėms bei elektromagnetinėms (radijo, šviesos bangoms; jas nagrinėsime aukštesnėse klasėse).

Tai įdomu!

• *1933 metais amerikiečių laivui plaukiant iš Filipinų į Kaliforniją, per uraganą stebėta aukščiausia jūros banga. Jos aukštis buvo 34 m. Uragano greitis tuo metu siekė 126 km/h.*

• *1958 metais dėl milžiniškos nuošliaužos Aliaskos fiordo pavidalo Litujos įlankoje susidarė 524 m aukščio banga, sklidusi 160 km/h greičiu.*

• *Cunamis (jap.* cu *— besiliejantis per kraštus +* + nami *— banga) — milžiniškos bangos, kylančios vandenyno paviršiuje dėl stiprių povandeninių žemės drebėjimų. 1771 metais netoli Japonijos stebėtas 85 m aukščio cunamis.*

Užduotys

1. Per 1 min žmogus įkvepia 20 kartų. Kokiu dažniu kvėpuoja žmogus?

2. Jūros bangos ilgis — 180 m, periodas — 9 s. Kokiu greičiu sklinda jūros banga?

3. Koks yra 1,65 m ilgio garso bangų dažnis, jei garsas plinta ore 330 m/s greičiu?

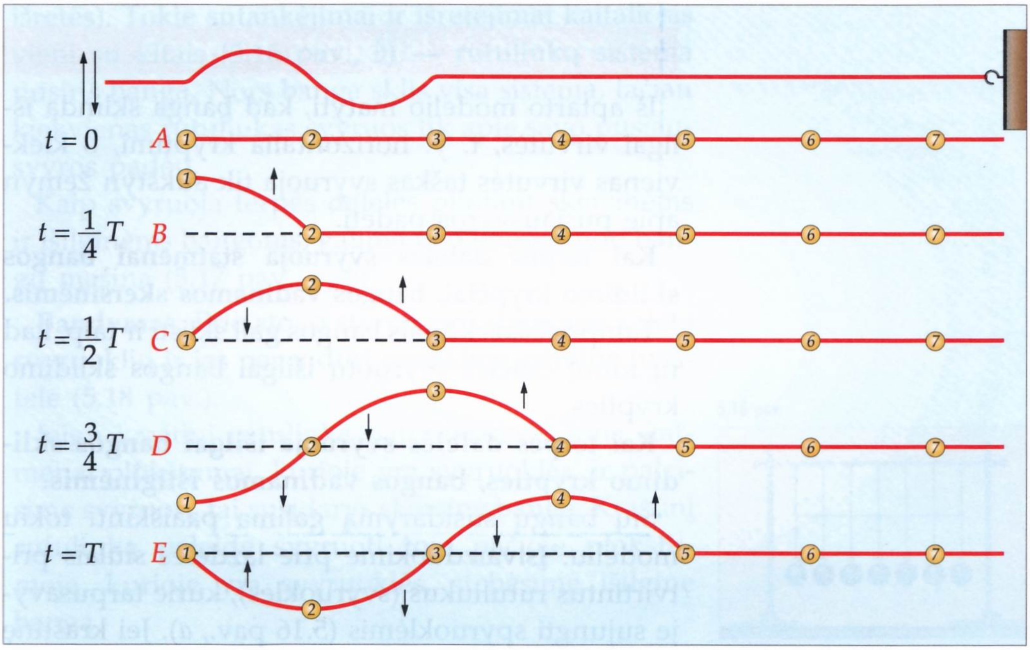
4. Radijo bangos sklinda ore apie $3 \cdot 10^8$ m/s greičiu. Koks yra tų bangų ilgis, jei jų dažnis lygus $5 \cdot 10^5$ Hz?

5.4. Bangų rūšys

Svyravimo plitimas tampria terpe

Svyravimo plitimą tampria terpe (t. y. terpe, kurios dalelės tarpusavyje glaudžiai susijusios) galima paaiškinti remiantis virvutės svyravimo modeliu (žr. 5.15 pav.). Skaičiais čia pažymėti vienodu atstumu vienas nuo kito nutolę virvutės taškai, rodyklėmis — virvutės dalelių (taškų) judėjimo kryptys.

5.15 pav.



• Virvutės padėtis A atitinka bandymo pradžią — laiko momentą $t = 0$.

• Padėtis B — per laiką $t = \frac{1}{4}T$ (taigi per ketvirtį svyravimo periodo) *1* taškas labiausiai nutolsta nuo pusiausvyros padėties, t. y. atsiduria viršutinėje kraštinėje padėtyje.

• Padėtis C — per laiką $t = \frac{1}{2}T$ (per pusę svyravimo periodo) *1* taškas grįžta į pusiausvyros padėtį, o *2* taškas nukeliauja į viršutinę kraštinę padėtį.

• Padėtis D — per laiką $t = \frac{3}{4}T$ (per tris ketvirčius svyravimo periodo) *1* taškas pasiekia žemutinę kraštinę padėtį, *2* taškas grįžta į pusiausvyros padėtį, o *3* taškas atsiduria viršutinėje kraštinėje padėtyje.

• Padėtis E — per laiką $t = T$ (per vieną svyravimo periodą) *1* taškas grįžta į pusiausvyros padėtį, *2* taškas pasiekia žemutinę kraštinę padėtį, *3* taškas atsiduria pusiausvyros padėtyje, o *4* taškas — viršutinėje kraštinėje padėtyje.

Svyravimas priartėja prie *5* taško ir toliau viskas kartojasi, kol banga pasiekia virvutės galą.

Skersinės ir išilginės bangos

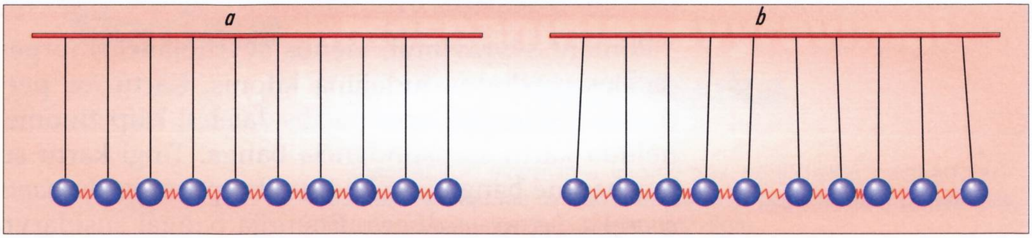
Iš aptarto modelio matyti, kad banga sklinda išilgai virvutės, t. y. horizontalia kryptimi, o kiekvienas virvutės taškas svyruoja tik aukštyn žemyn apie pusiausvyros padėtį.

Kai terpės dalelės svyruoja statmenai bangos sklidimo krypčiai, bangos vadinamos skersìnėmis.

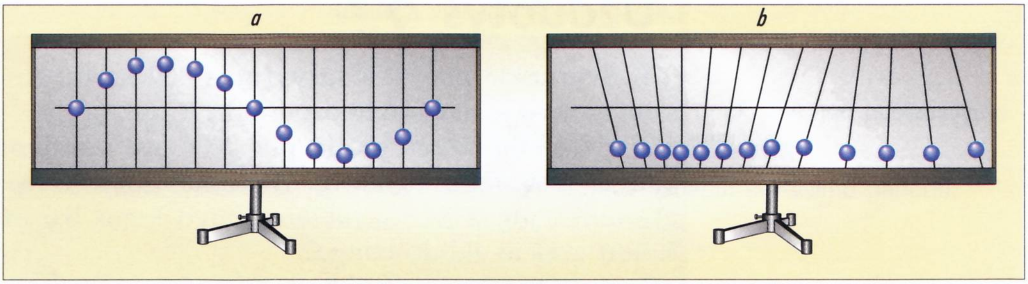
Tampriaisiais kūnais bangos gali sklisti ir taip, kad tų kūnų dalelės svyruotų išilgai bangos sklidimo krypties.

Kai terpės dalelės svyruoja išilgai bangos sklidimo krypties, bangos vadinamos išilgìnėmis.

Šių bangų susidarymą galima paaiškinti tokiu modeliu. Įsivaizduokime prie lazdelės siūlais pritvirtintus rutuliukus (svyruokles), kurie tarpusavyje sujungti spyruoklėmis (5.16 pav., *a*). Jei kraštinę



5.16 pav.



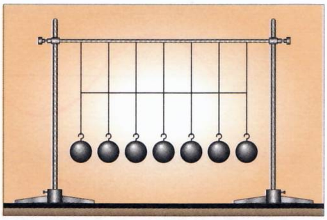
5.17 pav.

svyruoklę patrauksime į šoną ir paleisime, jos svyravimas persiduos gretimoms svyruoklėms ir vienose erdvės vietose svyruoklės susiglaus (rutuliukų sistema sutankės), kitose — prasiskirs (sistema išretės). Tokie sutankėjimai ir išretėjimai kaitaliosis vieni su kitais (5.16 pav., *b*) — rutuliukų sistema nusiris banga. Nors banga sklis visa sistema, tačiau kiekvienas rutuliukas svyruos tik apie savo pusiausvyros padėtį.

Kaip svyruoja terpės dalelės plintant skersinėms ir išilginėms bangoms, galima pademonstruoti bangų mašina (5.17 pav., *a*, *b*).

Bandymas. Prie stovo strypo prikabinkime keletą svyruoklių ir jas per vidurį suriškime gumine juostele (5.18 pav.).

5.18 pav.



Jeigu kraštinį rutuliuką patrauksime į šoną statmenai plokštumai, kurioje yra svyruoklės, ir paleisime svyruoti, tai susidarys skersinė banga. Kraštinį rutuliuką paleidę svyruoti toje pačioje plokštumoje, kurioje yra svyruoklės, stebėsime išilginę bangą.

Bangų energija

Plintant svyravimui, vienos svyruojančios terpės dalelės perduoda judėjimą kitoms. Kartu jos perduoda ir energiją, nors pačios dalelės, kaip žinome, nejuda kartu su sklindančia banga. Taigi kartu su mechanine banga jos sklidimo kryptimi *perduodama energija, bet ne medžiaga*. Energija bangai susidaryti ir sklisti gaunama iš svyravimą sukeliančio šaltinio.

Užduotys

1. Svyruoklė per 60 s susvyruoja 300 kartų. Apskaičiuokite jos svyravimo periodą ir dažnį.

2. Žvejo meškerės plūdė per 20 s ant vandens bangų susvyravo 40 kartų. Atstumas tarp dviejų gretimų bangos iškylų (keterų) buvo lygus 0,6 m. Kokiu greičiu sklido banga?

3. *A* — terpės, kuria sklinda skersinė banga, taškas (5.19 pav.). Jo judėjimo kryptis pažymėta rodykle. Kuria kryptimi sklinda banga?

4. 5.20 paveiksle pavaizduota banga tam tikru laiko momentu. Koks yra tos bangos ilgis?

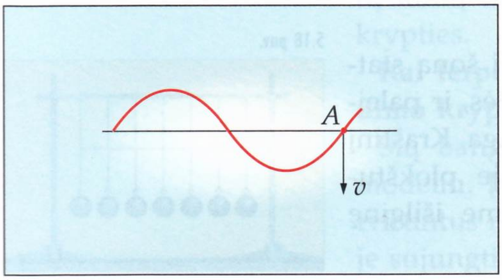
5. Kokias bangas — išilgines ar skersines — sukelia smuiko strykas stygoje?

6. Kuo panašios ir kuo skiriasi skersinės bei išilginės bangos?

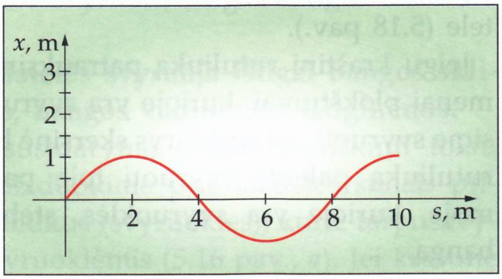
7. Valtis siūbuoja ant bangų, sklindančių 2,5 m/s greičiu. Atstumas tarp dviejų artimiausių bangų įdubų lygus 8 m. Apskaičiuokite valties svyravimo periodą.

8. Per kurią periodo dalį svyruojantis kūnas nueina kelią nuo vidurinės iki kraštinės padėties?

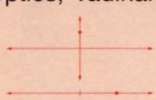
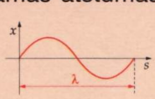
5.19 pav.



5.20 pav.



Skyriaus „Mechaniniai svyravimai ir bangos" santrauka

Mechaniniai svyravimai	Mechaniniu svyravimu vadinamas periodiškai pasikartojantis kūno judėjimas ta pačia trajektorija pakaitomis į priešingas puses pusiausvyros padėties atžvilgiu. • Laisvasis svyravimas — tai svyravimas, kurį sukelia kūnus veikiančios vidinės jėgos. • Priverstinis svyravimas — tai svyravimas, kuris vyksta periodiškai veikiant išorinei jėgai. • Slopinamasis svyravimas — svyravimas mažėjančia amplitude.
Svyravimo amplitudė	Didžiausias svyruojančio kūno nuokrypis nuo pusiausvyros padėties vadinamas svyravimo amplitude.
Svyravimo periodas $T = \frac{1}{\nu}$ $[T] = 1$ s	Vieno svyravimo trukmė vadinama svyravimo periodu.
Svyravimo dažnis $\nu = \frac{1}{T}$ $[\nu] = 1$ Hz $= 1$ s^{-1}	Svyravimo dažnis yra atvirkščias periodui dydis, nusakantis svyravimų skaičių per vieną sekundę (per vienetinį laiką).
Mechaninis rezonansas	Mechaninis rezonansas — tai ryškus priverstinio svyravimo amplitudės padidėjimas, kai priverstinį kūno svyravimą sukeliančios jėgos kitimo dažnis sutampa su to kūno laisvojo svyravimo dažniu.
Bangos	Mechanine banga vadinamas svyravimo sklidimas terpe. • Bangos, kurios susidaro terpės dalelėms svyruojant statmenai bangos sklidimo krypčiai, vadinamos skersinėmis. • Bangos, kurios susidaro terpės dalelėms svyruojant išilgai bangos sklidimo krypties, vadinamos išilginėmis.  **!** Sklindant mechaninėms bangoms, perduodama energija, bet ne medžiaga.
Bangos ilgis $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$ $[\lambda] = 1$ m	Bangos ilgiu vadinamas atstumas, kurį banga nusklinda per vieną periodą. 
Bangos sklidimo greitis $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$	Bangos sklidimo greitį apskaičiuojame, bangos ilgį dalydami iš periodo arba daugindami iš dažnio.





6 Garsas

Šiame skyriuje nagrinėsite:

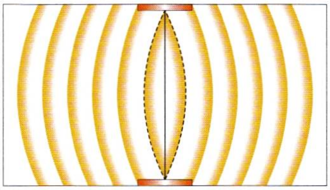
- garso rūšis;
- garso sklidimo ypatybes;
- garso greičio nustatymą;
- garsą apibūdinančius dydžius: tono aukštį, garso tembrą, garso stiprį.

Susipažinsite su akustiniu rezonansu.

6.1. Garso prigimtis

Garso reiškinys

Mus supančią aplinką paprastai suvokiame kaip visumą. Matome namus, mašinas, kelius, miškus, žmones ir kt. Daugelį daiktų galime palytėti, pačiupinėti, paragauti, užuosti ir kt. Savo aplinkos neįsivaizduojame ir be įvairiausių **garsų**: artimųjų kalbos, televizoriaus arba magnetofono skleidžiamos muzikos, paukščių čiulbesio, automobilių gaudesio. Palytėti ar paragauti jų neįmanoma. Garsai suvokiami tik klausos organais. Kasdien mus lydintį garso reiškinį nagrinėja fizikos skyrius, vadinamas **akùstika** (gr. *akustikos* — klausos, girdėjimo).

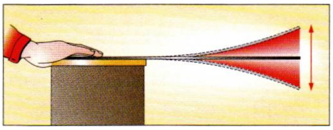


6.1 pav.

Parodysime, kad **garsą sukelia virpantys (greitai svyruojantys) kūnai**. Jie tai suspaudžia, tai išretina greta esantį orą, o išretėjimo ar sutankėjimo sklidimas yra ne kas kita, kaip išilginė garso banga, kuri nuo garso šaltinio (virpančio kūno) sklinda į visas puses. Tokią bangą schemiškai galima pavaizduoti taip, kaip parodyta 6.1 paveiksle.

Virpantis oras (t. y. garso banga), pasiekęs žmogaus ausį, veikia klausos organą — girdime garsą.

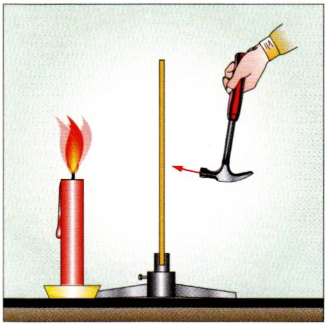
Atlikime keletą paprasčiausių bandymų, patvirtinančių, jog garsą sukelia virpantys kūnai.



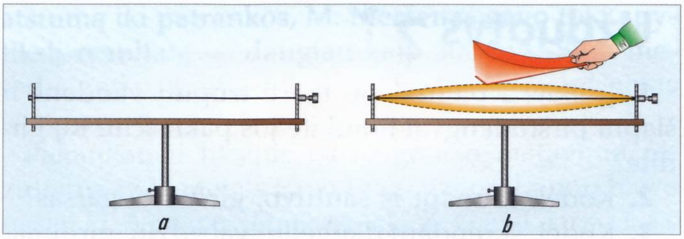
6.2 pav.

1 bandymas. Medinę ar metalinę liniuotę padėkime ant stalo taip, kad vienas jos galas būtų išsikišęs už stalviršio. Ant stalo esantį liniuotės galą prispauskime ranka, o išsikišusį pakelkime į viršų ir paleiskime. Liniuotė pradės svyruoti (6.2 pav.), ir mes išgirsime garsą. Keisdami išsikišusios liniuotės dalies ilgį, galime išgauti įvairius garsus.

6.3 pav.



2 bandymas. Stove įtvirtinkime kartoninę arba plastikinę plokštelę ir netoli jos pastatykime degančią žvakę. Stuktelėkime į plokštelę plaktuku arba sprigtelėkime. Išgirsime garsą ir pamatysime, kad žvakės liepsna suvirpa (6.3 pav.). Prie plokštelės esantys oro sluoksniai pakinta (susispaudžia) ir šis sutankėjimas plinta tolyn — oro banga pasiekia žvakės liepsną bei mūsų ausis.



6.4 pav.

3 bandymas. Stygos arba plonos vielos galus pritvirtinkime prie gulsčiai įtaisyto stovo stiebo ir varžtu keiskime stygos įtempimą (6.4 pav., *a*). Užgavę pirštais stygą, kaskart girdime vis kitokį garsą. Priglaudę prie virpančios stygos popieriaus juostelę, matome, kad ji atšoka (6.4 pav., *b*).

Tai įdomu!

- *Kosmonauto Aleksejaus Leonovo įspūdžiai apie „pasivaikščiojimą" už kosminio laivo ribų: „Mane labiausiai nustebino tyla. Tokia tyla, kurios Žemėje nebūna ir neįmanoma net įsivaizduoti. Tokia tyla, kad pradedi justi net savo kūną: kaip plaka širdis ar pulsuoja gyslos. Suvoki net savo raumenų krustelėjimus".*
- *Triukšmingiausi Žemės gyvūnai — staugūnės beždžionės, gyvenančios Centrinėje ir Pietų Amerikoje. Jų patinų riksmas girdėti net už 16 km.*

Garso sklidimas įvairiomis terpėmis

Garsas gali sklisti ne tik oru, bet ir kietaisiais kūnais bei skysčiais. Tuo tarpu beorėje erdvėje jis nesklinda. Tuo nesunku įsitikinti atliekant paprastus bandymus.

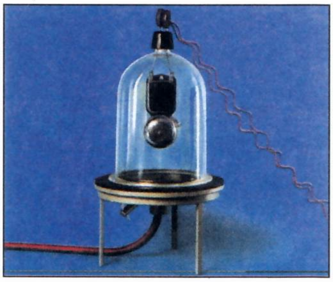
4 bandymas. Pieštuku lengvai pastuksenkime į stalviršį. Girdėsime barškesį. Priglauskime ausį prie stalviršio ir keletą kartų pabarbenkime į jį pieštuku. Šį kartą tarškesys garsesnis. Vadinasi, medis gerai praleidžia garsą.

5 bandymas. Maudydamiesi prisileiskite į vonią tiek vandens, kad galėtumėte jame panirti, ir pabarbenkite į dugną. Girdėsite garsą. Vadinasi, garso bangos sklinda ir vandeniu.

Panašų bandymą galite atlikti ir maudydamiesi upėje ar ežere — pabandykite pasiklausyti vieno akmenuko stuksenimo į kitą.

6 bandymas. Elektrinį skambutį įtaisykime po specialiu uždaru gaubtu (6.5 pav.). Traukdami iš jo orą, įsitikinsime, kad skambesys nutyla, taigi beorėje erdvėje garsas sklisti negali.

6.5 pav.



Susipažinę su mechaninėmis bangomis, galime tvirtinti, jog visais atvejais sklindanti garso banga yra terpės (dujų, skysčių ar kietųjų kūnų) svyravimo (virpesių) sklidimas.

Užduotys

1. Įpilkite į plonasienę taurę truputį vandens ir šlapiu pirštu lengvai braukite jos pakraščiu. Ką girdite?

2. Kodėl, šaunant iš šautuvo, girdimas garsas?

3. Kodėl, skrendant daugeliui vabzdžių, girdimas zvimbimas?

4. Kodėl į tikrinamus vagonų ratus stuksenama plaktuku?

5. Ar Mėnulyje žmonės galėtų susikalbėti Žemėje įprastu būdu?

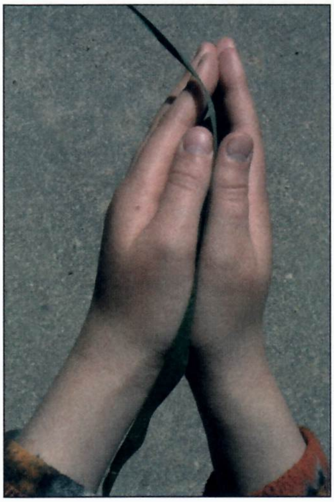
6. Kodėl aukštai kalnuose žmonės turi kalbėti garsiau nei įprastai?

7. Kodėl gerų skaityklų grindys išklojamos minkšta danga?

8. Dvi plastikines dėžutes sujungus ištempta virvute, gaunamas „telefonas", kuriuo galima pašnabždomis susikalbėti net keliolikos metrų atstumu. Paaiškinkite šį reiškinį.

9. Nuo polietileninės plėvelės nukirpkite siaurą juostelę ir įdėkite ją tarp savo nykščių (6.6 pav.). Pūsdami į plėvelę, išgaukite garsą. Paaiškinkite, kas įvyko. Bandymą galite atlikti ir su žolės lapeliu.

10. Du popieriaus lapelius uždėkite vieną ant kito, įkiškite tarp savo lūpų ir pūskite išgaudami garsą. Ką jaučiate lūpomis?



6.6 pav.

6.2. Garso greitis

Garso greitis ore

Perkūnijos metu pirmiausia pamatome žaibą ir tik po kurio laiko išgirstame griausmą. Akivaizdu, kad garsas sklinda daug lėčiau už šviesą.

Garso greitis ore pirmą kartą buvo išmatuotas apie 1640 metus G. Galilėjaus pasiūlytu metodu. Prancūzų matematikas M. Mersenas (*M. Mersenne*) atsistojo tam tikru žinomu atstumu nuo patrankos, o jo pagalbininkas šovė iš tos patrankos. Išmatavęs laiką tarp šviesos blykstelėjimo momento bei garso priėmimo momento ir padalijęs iš jo

atstumą iki patrankos, M. Mersenas gavo tokį apytikslį rezultatą — daugiau kaip 300 m/s. Šiuo metodu garso greitis buvo ne kartą nustatinėjamas ir vėliau.

Pakankamai tikslius garso greičio matavimo rezultatus 1822 metais gavo Prancūzijos ilgumų biuro nariai D. A r a g o (*D. Arago*), L. Ž. G e i-L i u s a k a s (*L. J. Gay-Lussac*), A. H u m b o l t a s (*A. Humboldt*) ir kt. Dvi patrankas jie pastatė 18 613 m atstumu vieną nuo kitos ir, pasidaliję į dvi grupes, šaudė paeiliui iš kiekvienos patrankos kas 5 minutes, kad rezultatams neturėtų įtakos vėjas (6.7 pav.). Mokslininkai nustatė, jog pasirinktą atstumą garsas nusklinda per 54,6 s. Taigi garso greitis $v = \frac{s}{t}$;

$$v = \frac{18\,613\ \text{m}}{54{,}6\ \text{s}} \approx 340{,}9\ \text{m/s}.$$

Garso greitis priklauso nuo terpės, kuria jis sklinda, taigi nuo oro, temperatūros: kylant temperatūrai, greitis didėja. Lentelėje pateikiame skaitines garso greičio vertes, kai oro temperatūra įvairi.

Garso greitis įvairios temperatūros ore

Oro temperatūra, °C	Garso greitis, m/s
–150	216,7
0	331,5
18	342,4
100	387,1
1000	715,2

6.7 pav.



Tai įdomu!

Radijas, televizija ar telefonas — šiandien mums įprastos žinių perdavimo priemonės. Tačiau dar ne taip seniai tam būdavo naudojamas garsas. Pateiksime keletą pavyzdžių, kuriuos knygoje „Įdomioji fizika" plačiai aprašė J. P e r e l m a n a s.

- *1796 metais Maskvoje karūnuojant Rusijos carą P a v l ą I, ceremonijos pradžia buvo suderinta tokiu būdu. Tarp Maskvos ir Peterburgo kas 200 m stovėjo kareiviai su šautuvais. Išgirdęs iškilmių pradžią skelbiantį varpo dūžį, pirmasis kareivis šovė į orą. Išgirdęs pirmojo šūvį, gaiduką spustelėjo antrasis kareivis, po jo — trečiasis ir t. t. Po trijų valandų signalas pasiekė Peterburgą, ir pradėjo šaudyti Petropavlovsko tvirtovės patrankos, nutolusios nuo Maskvos apie 650 km.*

Šį kelią netrukdomas garsas įveiktų per 650 ·3 s = = 1950 s, arba per 32 min. Perduodant signalą, kareiviams prireikė dar 2,5 valandos signalui priimti ir iššauti.

Tai įdomu!

• *Žinias perduoti garsais gerai moka kai kurios Afrikos, Centrinės Amerikos, Polinezijos gentys. Jos daugiausia naudoja tam tikrais atstumais išdėstytą būgnų grandinę, kuria signalai perduodami dideliais atstumais. Kai kas mano, kad toks garsinis afrikiečių telegrafas buvo daug tobulesnis negu panašiai veikiantis europiečių šviesos telegrafas, elektrinio telegrafo pirmtakas.*

• *Šiuolaikinių viršgarsinių lėktuvų greitis yra didesnis už garso greitį. Jis išreiškiamas vadinamaisiais Macho skaičiais, žymimais raide M. Šie skaičiai taip pavadinti pagerbiant austrų fiziką ir filosofą Ernstą Machą* (E. Mach, *1838—1916). 1 M atitinka 340 m/s, arba 1200 km/h, 2 M — 680 m/s, arba 2400 km/h.*

1967 metais didžiausią 7274 km/h (6,1 M) greitį pasiekė amerikiečių raketinis lėktuvas.

Skirtingo dažnio garso bangos ore plinta vienodu greičiu. Dėl šios garso savybės klausytojai, sėdėdami įvairiose koncertų salės vietose, tuo pačiu metu puikiausiai girdi visų muzikos instrumentų skleidžiamų dažnių garsus.

Garso greitis vandenyje

Garsas sklinda ne tik oru, bet ir vandeniu. Tai patvirtino 1827 metais Ženevos ežere atlikti bandymai.

Du laiveliai buvo išdėstyti 13365 m atstumu vienas nuo kito. Viename laivelyje sėdintis tyrėjas uždegdavo paraką ir tuo pat metu paskambindavo povandeniniu varpu. Kitame laivelyje esantis eksperimentuotojas po 9 s išgirsdavo varpo garsą pro įmerktą į vandenį klausomąjį ragą (6.8 pav.). Apskaičiavus paaiškėjo, kad Ženevos ežere garsas sklinda 1485 m/s greičiu.

Garso greitis vandenyje taip pat priklauso nuo temperatūros: juo ji aukštesnė, juo didesnis greitis.

Vandeniu (ir apskritai skysčiais) garsas sklinda greičiau negu oru (dujomis).

Garso greitis kietuosiuose kūnuose

Garsas sklinda ir kietaisiais kūnais, be to, daug greičiau negu oru ar skysčiais. Antai 20 °C temperatūros deimante garso greitis yra 18 350 m/s, pliene — 5000—6100 m/s, ąžuole — 4115 m/s. –4 °C temperatūros ledu garsas plinta 3980 m/s greičiu.

6.8 pav.



Užduotys ??

1. 15 °C temperatūros ore garsas sklinda 340 m/s greičiu. Išreikškite šį greitį kilometrais per valandą.

2. Apytikslį atstumą iki audros debesies galima sužinoti taip. Pamačius žaibo blyksnį, reikia iš lėto skaičiuoti: 1, 2, 3 ir t. t., kol pasigirsta griaustinio trenksmas. Tada paskutinį skaičių (kuris lygus apytiksliam laikui sekundėmis) padalyti iš trijų. Gautas dalmuo bus lygus atstumui iki debesies (kilometrais). Paaiškinkite, kodėl tokiu būdu galima apytiksliai apskaičiuoti nuotolį iki tos vietos, kurioje sužaibavo.

3. Blykstelėjus žaibui, griausmas driokstelėjo po 9 s. Kokiu atstumu buvo audros debesis?

4. Audros debesis yra už 5 km. Po kiek laiko nuo žaibo tvykstelėjimo momento išgirsite griaustinio bildesį?

5. Ar gali 1200 km/h greičiu skrendančio lėktuvo lakūnas išgirsti šūvio garsą? Tarkite, kad garso greitis ore lygus 336 m/s.

6. XIX amžiaus pradžioje prancūzų mokslininkas Ž. Bio (*J. Biot*) išmatavo garso greitį ketuje tokiu būdu. Viename vamzdžio gale stovintis stebėtojas suskambindavo varpeliu, o kitame gale esantis kitas stebėtojas išgirsdavo du garsus: vieną — atėjusį ketumi, kitą — oru. Bandymui buvo naudotas 930 m ilgio vamzdis. Garso plitimo oru ir ketumi trukmė skyrėsi 2,5 s. Remdamiesi šiais duomenimis, apskaičiuokite garso greitį ketuje. Ore jis lygus 340 m/s.

7. Kodėl per dainų šventes kai kuriose Vingio parko vietose girdėti atskiri balsai?

8. Vertikaliai iššauta raketa sprogo po 5 s. Sprogimo garsas buvo išgirstas praėjus 0,4 s po sprogimo. Į kokį aukštį pakilo raketa? Kokiu vidutiniu greičiu ji kilo?

9. Įsivaizduokite, kad Kauno karo muziejaus varpų skambesį įmanoma išgirsti Vilniuje. Kiek pavėlavęs šis skambesys pasiektų Vilnių? Atstumas nuo Kauno iki Vilniaus yra apie 100 km.

6.3. Garso sklidimo ypatybės

Garsas atsispindi

Išsiaiškinome, kaip garsas sklinda kiekviena iš terpių: dujomis (oru), skysčiu arba kietuoju kūnu. O kaip jis sklis pasiekęs tų terpių, pavyzdžiui, oro ir kietojo kūno, sandūrą? Bandymai rodo, kad tam tikromis sąlygomis garsas iš esmės atsispindi nuo antrosios terpės ir tik iš dalies pereina į tą terpę bei sklinda ja toliau.

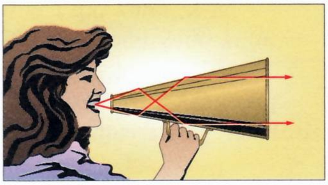


6.9 pav.

Bandymas. Į aukštą matavimo cilindrą ant dugno padėkime vatos gniužulėlį arba skudurėlį, o ant jo — sekundmatį ar laikrodėlį. Priglaudę ausį prie cilindro, girdėsime labai tylų ciksėjimą, mat garsas atsispindės nuo sienelių ir pro jas beveik nepraeis.

Virš cilindro laikykime stiklinę arba metalinę plokštelę. Pakreipę ją tam tikru kampu, išgirsime gana stiprų tiksėjimą (6.9 pav.). Kodėl?

Laikrodžio skleidžiamas garsas, kaip ir anksčiau atsispindėjęs nuo cilindro sienelių, pasieks metalinę plokštelę, nuo jos dar kartą atsispindės ir pateks į mūsų ausį. Taigi dėl to girdėsime stiprų laikrodžio tiksėjimą.

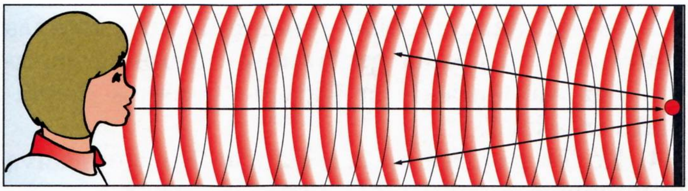


6.10 pav.

Garso atspindys taikomas konstruojant įvairius garso stiprinimo įtaisus, vadinamus **garsintùvais** (6.10 pav.). Jie sukuria kryptingą garso bangų pluoštą.

Aidas

Jeigu šaltinio skleidžiama garso banga krinta į paviršių statmenai, tai atsispindėjusi ji grįžta atgal į šaltinį. Toks nuo kliūties (miško, kalno, pastato sienos ir kt.) atsispindėjęs garsas vadinamas **áidu** (6.11 pav.). Jį galima išgirsti šūktelėjus pamiškėje ar kalnuose. Tačiau aidą išgirstame tik tada, kai atsispindėjusį garsą suvokiame atskirai nuo anksčiau sukelto. Kad galėtume atskirti aidą nuo pirminio garso, atstumas nuo mūsų iki kliūties turi būti pakankamai didelis. Nuo pirminio iki atsispindėjusio



6.11 pav.

garso suvokimo turi praeiti ne mažiau kaip 0,1 s, nes dar tiek laiko po ausies sudirginimo žmogus išlaiko garso pojūtį. Atsispindėjęs nuo artimų kliūčių garsas susilieja su pirminiu ir jį sustiprina — aido negirdime. Dėl to patalpose garsai atrodo daug stipresni negu atvirame lauke.

Aidas gali padėti nustatyti atstumą iki kliūties. Žinodami garso sklidimo ore greitį v, laiką t, praėjusį nuo garso signalo pasiuntimo iki jo sugrįžimo į tašką, iš kurio buvo pasiųstas, galime rasti atstumą iki kliūties:

$$s = \frac{vt}{2}.$$

Garso bangos gali aplenkti kliūtis. Girdime iš už namo kampo sklindantį automobilio signalą arba kitapus namo, kieme, žaidžiančių vaikų klegesį, nors nei automobilio, nei vaikų nematome.

Patalpų akustika

Į garso plitimo ypatybes labai svarbu atsižvelgti projektuojant bažnyčias, koncertų sales, auditorijas ir t. t. Uždarose patalpose garsas daug kartų atsispindi. Kiekvienas naujas kalbėtojo ar dainininko žodis turi nesusilieti su dar nespėjusiu išnykti ankstesniu žodžiu. Per daug greitas atspindėtų bangų išnykimas taip pat nepageidautinas — garsas tokioje patalpoje būna silpnas ir blogai girdimas. Todėl patalpas reikia projektuoti taip, kad jų architektūra, apdailos medžiagos ir tose patalpose esantys žmonės sukeltų optimalų garso bangų slopimą.

Užduotys ??

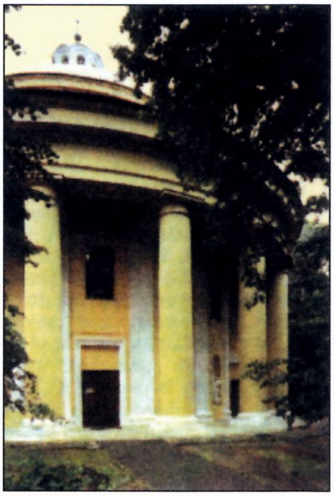
1. Kai žaibuoja arti, girdimas trumpas griausmas, kai toli — ilgas. Kodėl?

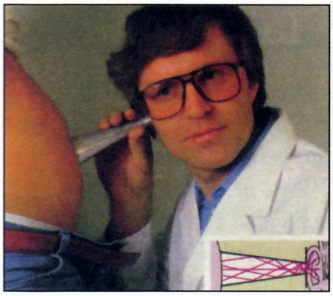
2. Kodėl į tunelį įvažiavusio traukinio keleivis girdi sustiprėjusį bildesį?

Tai įdomu !!

- *Ypač geromis akustinėmis savybėmis pasižymi daugelis Lietuvos bažnyčių. Viena jų — Sudervės bažnyčia, pastatyta 1822 metais pagal Lauryno Stuokos-Gucevičiaus projektą (6.12 pav.).*
- *Pavėjui girdima geriau negu prieš vėją. Tai lemia ne vėjo greitis, kuris, palyginti su garso greičiu, yra mažas. Šio reiškinio priežastis yra ta, kad vėjo greitis prie žemės yra mažesnis negu aukštesniuose oro sluoksniuose. Prieš vėją sklindančios garso bangos užlinksta ir eina virš pašnekovų galvų, jei jie yra atitinkamu atstumu vienas nuo kito.*
- *Šiltu oru garsas plinta greičiau negu šaltu, vidurdienį girdimumas esti blogesnis nei vakare.*

6.12 pav.




6.13 pav.

3. Kodėl daugiabučiame name gerai girdimas triukšmas, kurį kelia gretimuose butuose remontuojami vandentiekio ar šildymo sistemos metaliniai vamzdžiai?

4. Kodėl, pavargę nuo erzinančio triukšmo, galvą užsidengiame pagalve?

5. Žmogaus vidaus organų (širdies, plaučių, žarnyno ir kt.) sukeliamiems garsams klausytis prancūzų gydytojas Renė Lanekas (*R. Laennec*) 1816 metais išrado prietaisą, vadinamą stetoskopù (gr. *stethos* — krūtinė + *skopeo* — žiūriu, tiriu; 6.13 pav.). Paaiškinkite šio prietaiso veikimą.

6. Kodėl po vandeniu blogai girdimi iš oro sklindantys garsai, o ore — sklindantys iš vandens?

7. Kodėl kambaryje negirdėti aido?

8. Ar girdėsime aidą stepėje? tundroje?

9. Šūktelėję pamiškėje, aidą išgirdome po 2,5 s. Kaip toli buvo miškas?

10. Kokią įtaką girdimumui koncertų salėje turi minkšti baldai?

11. Kodėl grotuvo ar dainininko skleidžiami garsai atvirame lauke yra ne tokie garsūs kaip patalpoje?

12. Iš Žemės į Mėnulį pasiųstas radijo signalas vėl buvo priimtas Žemėje po 2,6 s nuo jo pasiuntimo momento. Signalas sklido 300 000 km/s greičiu. Remdamiesi šiais duomenimis, apskaičiuokite atstumą nuo Žemės iki Mėnulio.

6.4. Garso rūšys

Garso bangų dažnis ir ilgis

Jau žinome (žr. p. 98), kad bangos sklidimo greičio, ilgio ir dažnio sąryšis išreiškiamas formule

$$v = \lambda\nu.$$

Ji tinka ir garso bangoms. Jei garsas iš to paties šaltinio sklinda įvairiomis terpėmis, tai jo dažnis tose terpėse yra vienodas, tuo tarpu bangos ilgis — skirtingas.

Pavyzdys. Apskaičiuokime 440 Hz dažnio garso bangų ilgį ore, vandenyje ir pliene. Garso greitis ore lygus 340 m/s, vandenyje — 1483 m/s, pliene — 5000 m/s.

Garso bangų ilgis bus toks:

ore $\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu}$; $\lambda_1 = \frac{340\ \text{m/s}}{440\ \text{s}^{-1}} \approx 0{,}8$ m;

vandenyje $\lambda_2 = \frac{v_2}{\nu}$; $\lambda_2 = \frac{1483\ \text{m/s}}{440\ \text{s}^{-1}} = 3{,}4$ m;

pliene $\lambda_3 = \frac{v_3}{\nu}$; $\lambda_3 = \frac{5000\ \text{m/s}}{440\ \text{s}^{-1}} \approx 11{,}4$ m.

Garsų skirstymas

Žmogaus ausis kaip garsą suvokia svyravimus (virpesius), kurių dažnis yra nuo 16—20 Hz iki 20 000 Hz. Mažesnio negu 16—20 Hz dažnio garsas vadinamas **infragarsù** (lot. *infra* — po), o didesnio negu 20 000 Hz dažnio garsas — **ultragarsù** (lot. *ultra* — virš). Lentelėje parodyta, kokio dažnio garsą gali girdėti ir sukelti žmogus bei kai kurie gyvūnai.

Garsas gyvojoje gamtoje

	Girdimo garso dažnis, Hz	Sukeliamo garso dažnis, Hz
Žmogus	16—20—20 000	70—10 000—12 000
Šuo	15—50 000	452—1080
Katė	60—65 000	760—1520
Varlė	50—10 000	50—8000
Šikšnosparnis	1000—120 000	10 000—120 000
Delfinas	150—150 000	7000—12 000

Žmogus geriausiai girdi garsus, kurių dažnis 500—2000 Hz. Tokio dažnio garsais ir susikalbame.

Infragarsas

Infragarso dažnis, kaip minėjome, yra mažesnis negu 16—20 Hz, taigi jo bangos labai ilgos. Pavyzdžiui, 16 Hz dažnio infragarso bangos ilgis 18 °C temperatūros ore lygus apie 21 m. Infragarsą sukelia vėjas, perkūnija, jūros bangos, sprogimai, šūviai, žemės drebėjimai, įvairūs vibruojantys varikliai. Žmogus šio garso negirdi.

Tai įdomu !

• *Infragarsui būdingas biologinis aktyvumas atsiranda dėl to, kad jo dažnis sutampa su galvos smegenų alfaritmais (tam tikro dažnio srovėmis).*

• *„Jūros balso" reiškiniu aiškinama daugelio laivų jūrose žūtis, mat jie randami po kelių ar net keliolikos metų su įgulos nariais, mirusiais dėl nežinomų priežasčių.*

• *Artėjančios audros keliamą infragarsą medūzos pajunta gerokai anksčiau, negu priartėja pati audra — juk garso greitis daug didesnis už vėjo greitį.*

Infragarso įtaka žmogui ir gyviesiems organizmams dar nėra pakankamai gerai ištirta, tačiau jau yra žinoma, kad daugeliu atvejų ji neigiama. Dažniausiai dėl jos žmogus pradeda justi nerimą.

Gyvūnai infragarsą junta geriau nei žmonės. Pavyzdžiui, prieš žemės drebėjimą, prasidedantį mažo (žemo) dažnio svyravimais, gyvūnai tampa neramūs.

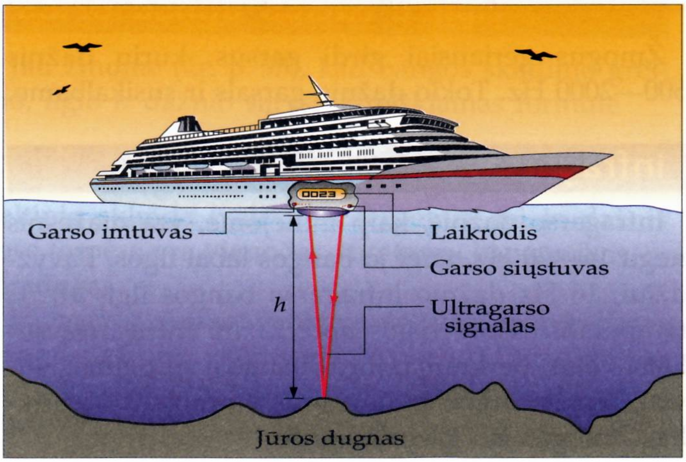
Žinomas neigiamą poveikį turintis „jūros balso" reiškinys — infragarsai, kuriuos sukelia dideliu greičiu pučiantis vėjas virš audringos jūros bangų keterų.

Ultragarsas

Ultragarso dažnis didesnis negu 20 000 Hz, taigi šios bangos yra labai trumpos. Dėl mažo bangos ilgio ultragarsas gali sklisti siaurais pluoštais ir atsispindėti nuo mažų matmenų kliūčių. Didelio dažnio ultragarso bangas gerai sugeria dujos, o skysčiais ir kietaisiais kūnais jos gali nusklisti labai toli. Dėl šių savybių minėtos bangos plačiai taikomos įvairiuose prietaisuose: **echolòtuose** (gr. *echo* — aidas + + lotas, kilęs iš ol. *lood* — prietaisas vandens gyliui matuoti iš laivo), **ultragar̃siniuose lokãtoriuose** (lot. *locus* — vieta) ir **defektoskòpuose** (lot. *defectus* — trūkumas, yda + gr. *skopeo* — žiūriu, stebiu).

Echolotais matuojamas jūrų gylis. Šiuo prietaisu pasiunčiamas didelio dažnio (20—600 kHz) ultragarso signalas ir priimamas jo aidas (6.14 pav.).

6.14 pav.



Pagal ultragarso sklidimo pirmyn ir atgal laiką bei garso greitį vandenyje nustatomas jūros gylis *h* (žr. p. 113).

Ultragarsinių lokatorių veikimas pagrįstas ultragarso atspindžiu nuo kliūties. Ultragarsiniais hidrolokatoriais (gr. *hydor* — vanduo + lot. *locus* — vieta) sekami povandeniniai laivai, nustatoma priešinga kryptimi plaukiančių laivų vieta naktį ar ūkanotą dieną, ieškoma jūros žuvų telkinių, ledkalnių, karo metu — minų ir kt.

Ultragarsinius lokatorius turi ir kai kurie gyvūnai, pavyzdžiui, šikšnosparniai, delfinai, tam tikrų rūšių banginiai. Antai šikšnosparniai siunčia ultragarso bangas labai trumpais impulsais (iki 250 impulsų per sekundę), kurie sklinda iki 10—15 m. Atsispindėję nuo kliūčių, šie impulsai grįžta atgal. Pagal juos šikšnosparniai puikiai orientuojasi naktį, ieško maistui vabzdžių.

Ultragarsiniais defektoskopais gaminio paviršiuje ar viduje ieškoma defektų, kurių neįmanoma aptikti rentgeno ar gama spinduliais (su šiais spinduliais susipažinsite aukštesnėse klasėse): oro pūslelių, plyšių, pašalinių intarpų. Juos gana tiksliai parodo gaminio atspindėti arba sugerti ultragarsai.

Ultragarsinėmis staklėmis apdirbamos labai kietos (deimantas, plienas) arba trapios (keramika, stiklas) medžiagos. Ultragarsu galima lituoti, virinti, valyti paviršius.

Ultragarsas plačiai taikomas medicinoje ligoms diagnozuoti, vėžiui, įvairiems uždegimams gydyti, lūžusiems kaulams sujungti ir kt.

Ultragarsu gali būti sterilizuojami maisto produktai. Kartais jis naudojamas kaip sėklų dygimo, augalų augimo ir brendimo stimuliatorius (lot. *stimulus* — vytelė, akstinas).

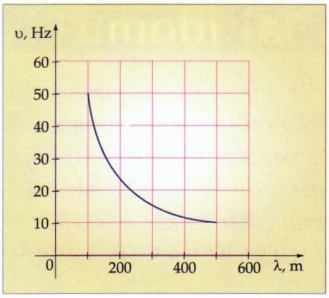
Tai įdomu!

- *Pirmąjį ultragarsinį lokatorių povandeniniams laivams aptikti per Pirmąjį pasaulinį karą sukonstravo prancūzų fizikas Polis Lanževenas* (P. Langevin).
- *Ultragarso — negirdimo garso — hipotezė 1793 metais iškelta Italijoje. Tačiau, tiriant ultragarsą, daugiausia nuveikta XX amžiuje.*
- *Lietuvoje ultragarsas buvo pradėtas intensyviai tirti 1947 metais Kauno Vytauto Didžiojo universitete. Darbams vadovavo prof. Kazimieras Baršauskas. Vėliau tyrimai tęsėsi Kauno politechnikos institute (dabar jis vadinamas Kauno technologijos universitetu).*

Užduotys ??

1. 1000 Hz dažnio garso banga pliene sklinda 5000 m/s greičiu. Apskaičiuokite tos bangos ilgį.

2. Garso banga, kurios ilgis jūros vandenyje lygus 2 m, sklinda $1{,}53 \cdot 10^3$ m/s greičiu. Koks yra tos bangos dažnis?



6.15 pav.

3. 10 Hz dažnio infragarso banga jūroje sklinda 1500 m/s greičiu. Koks yra tos bangos ilgis?
4. Kaip ir kiek pakis iš oro į vandenį pereinančios garso bangos ilgis? Ore garsas sklinda 340 m/s, vandenyje — 1500 m/s greičiu.
5. Garso bangos ilgis ore lygus 0,68 m, vandenyje — 2,9 m. Koks yra tos bangos dažnis ir kokiu greičiu ji sklinda vandenyje? Garso greitis ore lygus 340 m/s.
6. Kreivė 6.15 paveiksle vaizduoja, kaip priklauso garso bangų ilgis pliene nuo dažnio. Remdamiesi šiuo grafiku, apskaičiuokite garso greitį pliene. Ar jis priklauso nuo bangų ilgio?
7. Kurie garsą apibūdinantys fizikiniai dydžiai pakinta, kai garsas pereina iš oro į vandenį?
8. Tam tikroje jūros vietoje echoloto pasiųstas garso signalas buvo priimtas po 20 ms. Apskaičiuokite jūros gylį toje vietoje.
9. Iš plaukiančio laivo į žuvų telkinį pasiųstas garso signalas sugrįžo po 0,4 s. Kokiu atstumu nuo laivo buvo žuvų telkinys? Garso greitis vandenyje lygus 1450 m/s.
10. Kodėl vakare šikšnosparniai kartais įsivelia žmonėms į plaukus?

6.5. Garso apibūdinimas

Tonas. Tono aukštis

Grynas garsas, t. y. garsas, atitinkantis kurio nors vieno dažnio virpesius (svyravimus), vadinamas **tonù** (gr. *tonos* — įtempimas, kirtis). Mus pasiekiančias įvairių dažnių garso bangas suvokiame kaip skirtingus tonus, kurie skiriasi vieni nuo kitų **tòno aukščiù**. Kas gi yra tono aukštis?

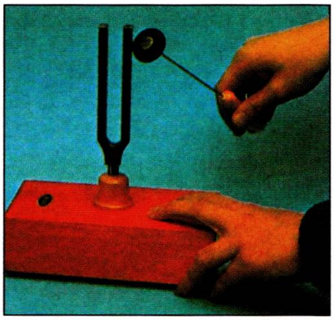
Tono aukščiu vadinamas garso požymis, kurį lemia virpesių dažnis. Aukštesnių tonų virpesių dažnis didesnis negu žemesnių. 1885 metais sutarta norminiu tonu laikyti pirmosios oktavos „la“ toną, kurio dažnis 440 Hz.

Lentelėje pateikiame dainininkų balsų tonų dažnio ir bangos ilgio vertes.

Dainininkų balsų tonų dažnis ir bangos ilgis

Balsas	Dažnis, Hz	Bangos ilgis, m
Vyrų		
Bosas	80—350	4,28—0,98
Baritonas	100—400	3,42—0,85
Tenoras	120—500	2,63—0,63
Moterų		
Altas	170—780	2—0,44
Mecosopranas	200—900	1,71—0,38
Sopranas	250—1000	1,37—0,34
Koloratūrinis sopranas	260—1400	1,32—0,25

Gryną garsą galima išgauti specialiu prietaisu, vadinamu **kamertonù**, t. y. plienine šakute (6.16 pav.; per ją reikia suduoti plaktukėliu). Kaip garso aukščio etaloną jį naudoja choro dirigentai, muzikos instrumentų meistrai.



6.16 pav.

Įvairius tonus girdime skambant muzikos instrumentams, kalbant ar dainuojant žmonėms. Tačiau pavieniai tonai — tai dar ne muzika. Liaudies ar kompozitorių sukurta muzika yra daugelio tonų derinys, paklūstąs saviems dėsniams.

Garso tembras

Įvairių muzikos instrumentų skleidžiami to paties dažnio garsai — tonai — būna skirtingi: vienoks — fortepijono, kitoks — smuiko ar klarneto, dar kitoks — birbynės ar skudučių. Pagal balso skambesį skiriame ir žmones.

Muzikos instrumento skleidžiamo garso, žmogaus balso būdingas atspalvis vadinamas **tembrù** (pranc. *timbre*). Jį sąlygoja pagrindinį toną papildantys aukštesni tonai, kurie vadinami **vìrštoniais**. Virštoniai yra silpnesni už pagrindinį toną, o jų dažnis 2, 3, 4, ... kartų didesnis. Juo daugiau virštonių, juo turtingesnis garso tembras.

Garso stipris

Garso banga, kaip ir kitos bangos, perneša energiją. Ją apibūdina **gar̃so stìpris**, t. y. dydis, lygus energijos kiekiui, kurį garso banga per vienetinį laiką perneša pro vienetinį plotą, statmeną bangos sklidimo krypčiai. Garso stipris žymimas raide I ir matuojamas *vãtais kvadrãtiniam mètrui*:

$$[I] = 1\frac{\mathbf{W}}{\mathbf{m}^2} = 1\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^2}.$$

Garso stipris priklauso nuo virpesių amplitudės ir dažnio.

Žmogaus ausies fiksuojamo garso stiprio sritis yra labai plati. Gerą klausą turintis žmogus dar girdi 1000 Hz dažnio garsus, kurių stipris siekia vos 10^{-12} W/m^2. Tai vadinamasis **girdõs sleñkstis**. Kai garso stipris padidėja iki 10 W/m^2, žmogus junta skausmą ausyse. Toks garso stipris vadinamas **skaũsmo slenksčiù**.

Palyginę didžiausią ir mažiausią žmogaus suvokiamų garsų stiprį, matome, kad skausmo slenkstį atitinkantis garso stipris yra net 10^{13} kartų didesnis už atitinkantį girdos slenkstį. Subjektyviai suvokdami garsą, mes nejaučiame, kad vienas jų milijonus ar milijardus kartų stipresnis už kitą.

Garsumas

Tas pats garsas vienam žmogui dažnai atrodo tylus, kitam — garsus. Garso suvokimą lemia daugybė veiksnių: garso stipris, dažnis, žmogaus klausos ypatybės. Taigi garsas suvokiamas subjektyviai.

Klausos organais suvokiamo garso pojūtis apibūdinamas **garsumù**. Šis dydis yra subjektyvi garso charakteristika, susijusi su objektyvia jo charakteristika — stipriu.

Garsumo matavimo vienetas vadinamas *belù* (sutrumpintai žymimas B), pagerbiant amerikiečių išradėją A l e k s a n d r ą G r e j a m ą B e l ą (*A. G. Bell*, 1847—1922). Praktikoje dažniau vartojamas dešimt kartų mažesnis vienetas — *decibèlas*: 1 dB = 0,1 B.

Garso stiprio ir garsumo atitiktis, kai garso dažnis lygus 1000 Hz, pateikta lentelėje.

Garsumo lentelė

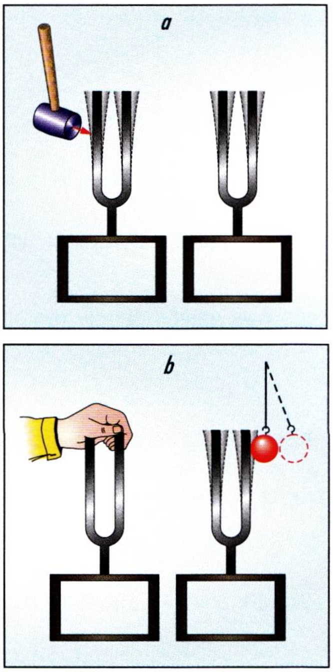
Garsas	Garso stipris, W/m^2	Garsumas, dB
Girdos slenkstis	10^{-12}	0
Kvėpavimo garsas	10^{-11}	10
Kišeninio laikrodžio tiksėjimas	10^{-10}	20
Lapų čežėjimas	10^{-9}	30
Šnabždesys	10^{-8}	40
Įprasta kalba	10^{-7}	50
Vidutinio garsumo kalba	10^{-6}	60
Garsi kalba	10^{-5}	70
Gatvės triukšmas	10^{-4}	80
Gamyklos cecho triukšmas	10^{-3}	90
Diskotekos triukšmas	10^{-2}	100
Pneumatinio kūjo triukšmas	10^{-1}	110
Roko muzika	1	120
Reaktyvinis variklis. Skausmo slenkstis	10	130

Akustinis rezonansas

Rezonansas, panašus į tą, kurį stebėjome atlikdami bandymą su svyruoklėmis, pakabintomis ant tos pačios virvutės, būdingas ir garso bangoms.

Garso bangos, susidūrusios su bet kuriuo kūnu, priverčia jį svyruoti. Jei to kūno savojo svyravimo dažnis sutampa su garso bangos dažniu, tai garso banga turi palankiausias sąlygas perduoti energiją kūnui. Šiuo atveju priverstinio kūno svyravimo amplitudė padidėja. Vyksta **akùstinis rezonánsas**. Pailiustruosime jį tokiu bandymu.

6.17 pav.



Bandymas. 1—3 m atstumu vieną nuo kito pastatykime du kamertonus, kurių savasis svyravimo (virpesių) dažnis vienodas. Guminiu plaktuku suduokime į vieno kamertono, pavyzdžiui, kairiojo, šakutę (6.17 pav., *a*). Po 2—3 s nutildykime šį kamertoną, ranka suspausdami jo šakutes (6.17 pav., *b*). Išgirsime antrojo, dešiniojo, kamertono skleidžiamą garsą. Prie to kamertono šakutės priglaudę ant siūlo

Tai įdomu!

• *Jau Gajus Julijus Cezaris (G. J. Caesar, 102 ar 100—44 m. pr. Kr.) triukšmui sumažinti išleido įsakymą, kuriuo buvo draudžiama kovos vežimams naktį pasirodyti Romos gatvėse.*

• *150 dB triukšmas sudrasko ausų būgnelius, ir žmogus tampa visiškai kurčias.*

• *1965 m. JAV Alabamos valstijos kosminių skridimų centre laboratorinėmis sąlygomis gautas pats garsiausias — 210 dB — triukšmas. Jis buvo girdimas už 161 km. Tokio stiprio garso banga būtų galima gręžti skyles kietosiose medžiagose.*

pakabintą stalo teniso kamuoliuką, pamatysime, kad jis atšoka. Taigi antrasis kamertonas svyruoja (virpa).

Užmaukime ant dešiniojo kamertono šakutės guminės žarnelės gabaliuką. Kamertonai išsiderins (jų virpesių dažnis bus nevienodas), ir rezonansas nebevyks — dešinysis kamertonas neatsilieps į kairiojo virpesius.

Triukšmas

Labai dažnai girdime sudėtingus, netvarkingai kintančius įvairaus dažnio garsus, iš kurių beveik neįmanoma išskirti pavienių tonų. Tokie garsai vadinami **triukšmais**. Prie jų galima priskirti neteptų durų vyrių girgždesį, gamyklos mašinų bildesį, gatve važiuojančių automobilių ūžesį, veikiančio traktoriaus tarškesį ir t. t.

Stiprus ilgalaikis triukšmas (kaip ir tranki ilgalaikė muzika) kenkia žmonių sveikatai, mažina jų darbingumą, sukelia triukšmaligę, kuri pažeidžia centrinę nervų sistemą bei širdies ir kraujagyslių sistemą.

Klausos organai prie triukšmo iš pradžių prisitaiko, bet vėliau klausa ima iš lėto silpti.

Užduotys ??

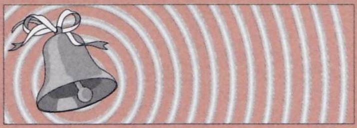
1. Vienas šnibždantis žmogus skleidžia garsą, kurio stipris 10^{-10} W/m^2, o garsumas 20 dB. Šimtas taip pat šnibždančių žmonių skleidžia garsą, kurio stipris siekia 10^{-8} W/m^2, o garsumas — 40 dB. Palyginkite šių garsų stiprį ir garsumą, padarykite išvadą.

2. Vieno motociklo skleidžiamo triukšmo stipris lygus 10^{-4} W/m^2, o garsumas — 80 dB. Šimtas tokių motociklų kelia triukšmą, kurio stipris 10^{-2} W/m^2, o garsumas 100 dB. Palyginkite šių triukšmų stiprį ir garsumą, padarykite išvadą.

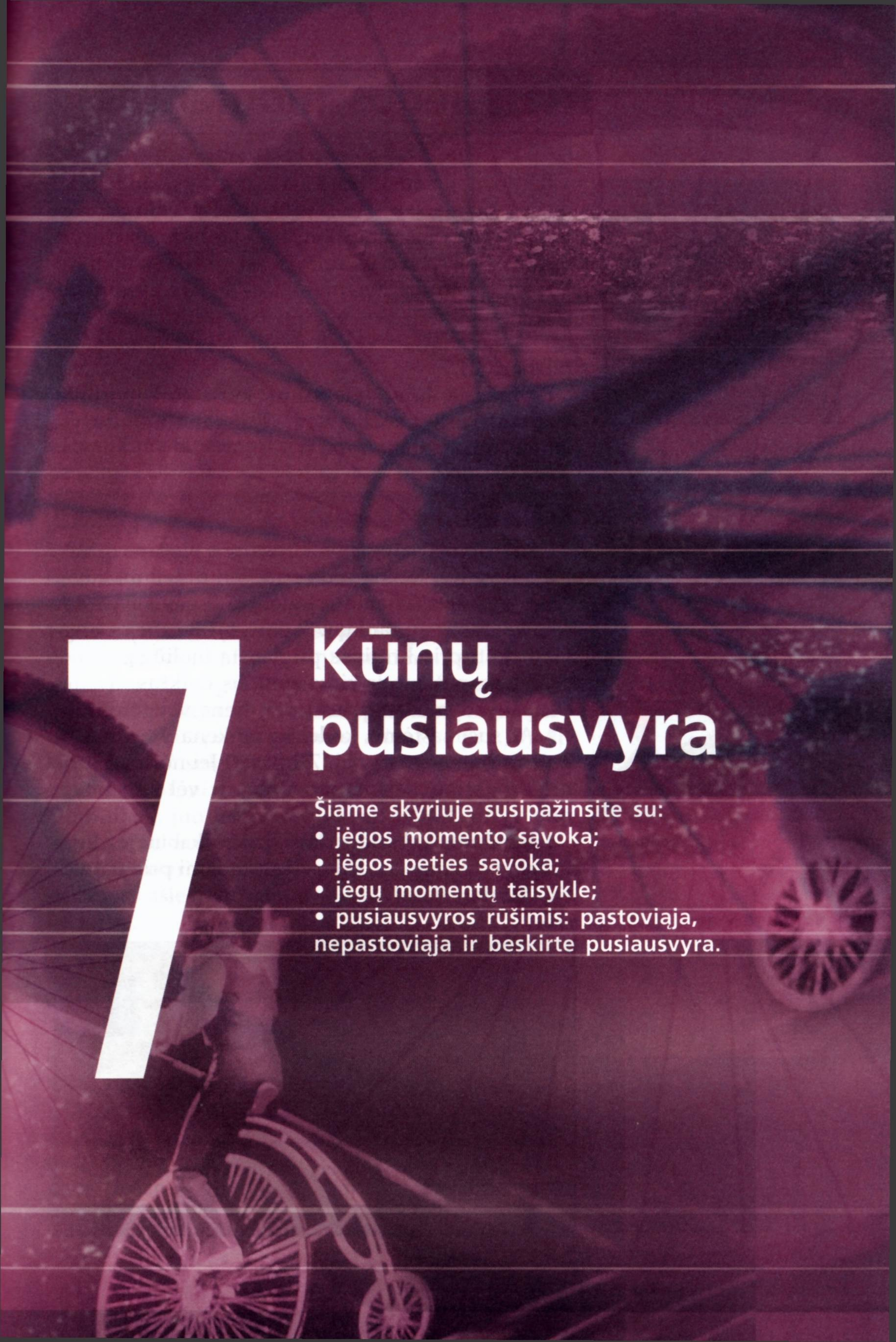
3. Prieš koncertą muzikantai derina instrumentų stygas. Kodėl?

4. Rankoje laikomas kamertonas skamba tyliai. Įrėmus jo kotelį į stalą, garsas sustiprėja. Kodėl?

Skyriaus „Garsas" santrauka

Garsas	Mokslas apie garsą vadinamas akustika. Garsas yra sklindantis mechaninis terpės svyravimas, kurį žmogus ir gyvūnai junta klausos organais. Garsas plinta materialiosiomis terpėmis: • dujomis (oru); • skysčiais (vandeniu); • kietaisiais kūnais.  Beorėje erdvėje garsas sklisti negali.
Garso greitis $v = \frac{s}{t} = \lambda\nu$	• Ore (15 °C) 340 m/s • Vandenyje (20 °C) 1483 m/s • Pliene 5000 m/s
Garso plitimo ypatybės	• Garsas gali atsispindėti. Ši jo savybė taikoma kryptingiems garso bangų pluoštams gauti, atstumui iki kliūties nustatyti, gaminių defektams, žuvų telkiniams aptikti, įvairioms ligoms diagnozuoti ir gydyti. Aidas — atspindėtas garsas. Juo remiantis, matuojamas jūros gylis. • Garsas gali aplenkti kliūtis.
Garso rūšys	• Infragarsas ($\nu < 16$ Hz); • žmogaus suvokiamas garsas (ν = 16—20—20 000 Hz); • ultragarsas ($\nu > 20\,000$ Hz); • triukšmas (sudėtingi, netvarkingai kintantys garsai).
Garso stipris $[I] = 1\ \mathrm{W/m^2}$	Energijos kiekis, kurį garso banga per vienetinį laiką perneša pro vienetinį plotą, statmeną bangos sklidimo krypčiai, vadinamas garso stipriu.
Garso garsumas 1 dB = 0,1 B	Garsumas apibūdina klausos organais girdimo garso pojūtį. Jis yra subjektyvi garso charakteristika, susijusi su objektyvia jo charakteristika — garso stipriu. Garsumas matuojamas belais (B) arba decibelais (dB).
Tono aukštis	Garso požymis, priklausantis nuo virpesių dažnio, vadinamas tono aukščiu.



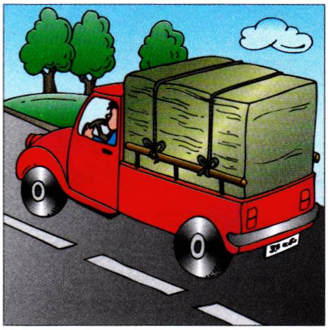


7 Kūnų pusiausvyra

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- jėgos momento sąvoka;
- jėgos peties sąvoka;
- jėgų momentų taisykle;
- pusiausvyros rūšimis: pastoviąja, nepastoviąja ir beskirte pusiausvyra.

7.1. Jėgos momentas



7.1 pav.

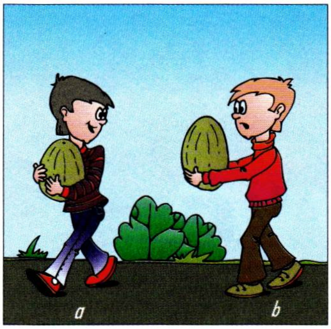
Iki šiol daugiausia kalbėjome apie kūnų judėjimą. Tačiau ne mažiau svarbi jų būsena yra rimtis. Namus ir tiltus statome tam, kad jie būtų patvarūs. Sunkvežimį prikrauname šieno tik iki tam tikro aukščio, kad jis neapvirstų (7.1 pav.). Sunkias plokštes sukrauname apatinėje kranų dalyje. Išnagrinėkime plačiau, kokiomis sąlygomis kūnai būna pusiausviri.

Pirmiausia aptarkime kūnų, kurie turi įtvirtintą sukimosi ašį, **pusiáusvyrą**. Tai gali būti durys, langai, automobilio ratai ir t. t.

Kūną veikia viena jėga

Kada šiomis sąlygomis kūnas yra pusiausviras?

1 pavyzdys. Reikia sode panėšėti didelį moliūgą. Kaip elgiamės: imame jį į glėbį (7.2 pav., *a*) ar nešame ant ištiestų rankų (7.2 pav., *b*)? Be abejo, lengviau nešti prie krūtinės priglaustą moliūgą.



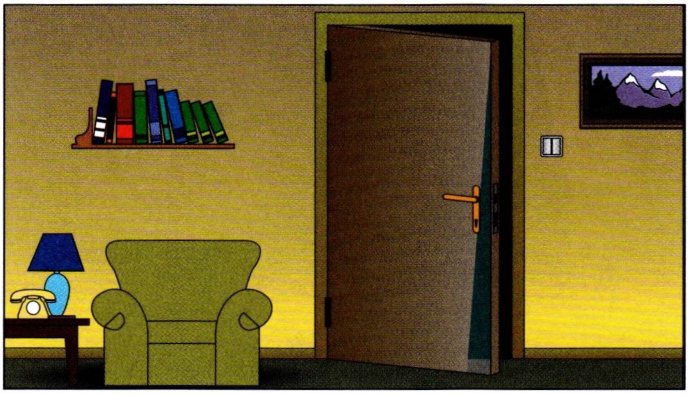
7.2 pav.

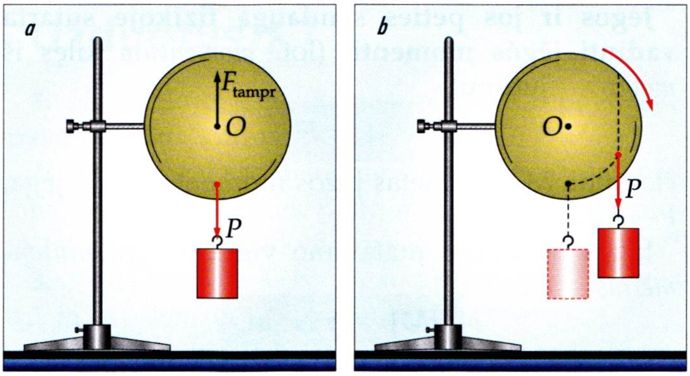
Glėbyje nešame ir kitus sunkius daiktus.

2 pavyzdys. Daug kartų per dieną varstome duris. Ar susimąstėme, kodėl jų rankena yra priešingoje pusėje negu vyriai (7.3 pav.)? Jei norime duris priverti, stumtelėjame jas ranka. Ir vėl kuo toliau nuo vyrių. Kodėl?

1 bandymas. Atidarykime fizikos kabineto duris ir pabandykime jas uždaryti stumdami prie pat vyrių. Sunku, tiesa?

7.3 pav.





7.4 pav.

2 bandymas. Prie stovo pritvirtinkime ašį, ant jos užmaukime fanerinį skritulį, o prie jo prikabinkime pasvarą (7.4 pav., *a*). Skritulys iš pradžių sukiosis tai į vieną, tai į kitą pusę, bet tuoj pat sustos. Tada pridėkime prie jo liniuotę išilgai siūlo, ant kurio kabo pasvaras, ir nubrėžkime tiesę. Ji eis per skritulio sukimosi ašį. Pasvaro svorį *P* atsvers ašies tamprumo jėga F_{tampr}, todėl skritulys nejudės. (Į laisvai besisukančio skritulio sunkio jėgą nekreipkime dėmesio.) Taigi kūnas, turintis sukimosi ašį, yra pusiausviras, kai jėgos veikimo linija eina per tą ašį.

Skritulį pasukime taip, kad pasvaro svorio veikimo linija būtų šalia sukimosi ašies (7.4 pav., *b*). Šį kartą jėga *P* suks skritulį laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi. Juo toliau nuo ašies bus jėgos veikimo linija, juo lengviau jį pasuks.

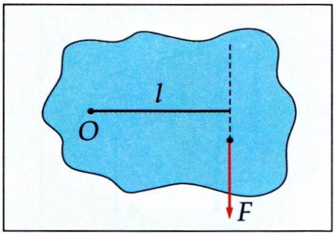
Dabar jau nesunku paaiškinti pavyzdžius su moliūgu bei durimis. Juo toliau nuo vyrių (t. y. nuo sukimosi ašies) stumiame duris, juo lengviau jas uždaryti.

Ką tik išnagrinėti pavyzdžiai ir bandymai rodo, kad jėgos poveikio rezultatas priklauso ne tik nuo jėgos didumo, bet ir nuo jos veikimo vietos.

Trumpiausias atstumas nuo kūno sukimosi ašies (atramos taško) iki jėgos veikimo linijos vadinamas jėgõs petimì.

Iš matematikos žinote, kad trumpiausias atstumas nuo kurio nors taško iki tiesės yra statmuo. Vadinasi, norint rasti jėgos *F* petį, reikia iš sukimosi ašies (taško *O*) nuleisti statmenį į jėgos veikimo liniją (7.5 pav.).

7.5 pav.



Jėgos ir jos peties sandaugą fizikoje sutarta vadinti jėgõs momentù (lot. *momentum* kilęs iš *moveo* — judinu):

$$M = Fl;$$

čia raide M pažymėtas jėgos momentas, F — jėga, l — jos petys.

Jėgos momento matavimo vienetas yra *niutonmètras*:

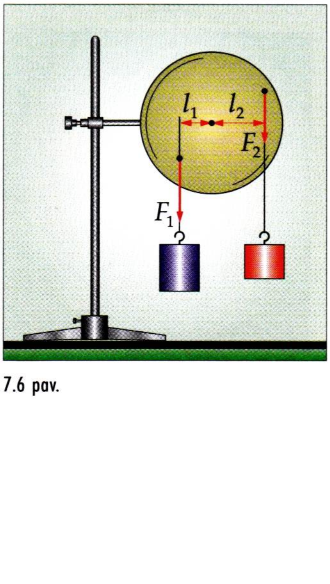
$$[M] = 1\ \mathbf{N \cdot m}.$$

Nepainiokime jo su darbo vienetu džauliu, kurį taip pat gauname niutoną padauginę iš metro. Vienas niutonmetras — tai jėgos momentas, sukuriamas 1 N jėgos, kurios petys lygus 1 m.

Kūną veikia kelios jėgos

Atlikime su skrituliu dar vieną bandymą.

3 bandymas. Prie skritulio priešingose ašies pusėse prikabinkime du skirtingos masės pasvarus taip, kad skritulys būtų pusiausviras (7.6 pav.). Jėga F_1 suks jį priešinga laikrodžio rodyklės judėjimui kryptimi, o jėga F_2 — laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi. Išmatuokime abiejų jėgų pečius l_1 ir l_2. Apskaičiavę tų jėgų momentus $M_1 = F_1l_1$ ir $M_2 = F_2l_2$, matome, kad jie yra lygūs. Dabar prikabinkime kitus pasvarus ir pasirinkime kitokį atstumą nuo pritvirtinimo taško iki sukimosi ašies. Skritulys vėl turi būti pusiausviras. Dar kartą išmatuokime jėgų pečius bei apskaičiuokime tų jėgų momentus. Vėl įsitikinsime, kad jie yra lygūs.



7.6 pav.

Vadinasi, jėgos momentas, kuris suka kūną priešinga laikrodžio rodyklės judėjimui kryptimi, yra lygus jėgos momentui, sukančiam jį laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi:

$$F_1l_1 = F_2l_2.$$

Ši kūnų, turinčių įtvirtintą sukimosi ašį, pusiausvyros sąlyga vadinama **jėgų̃ momeñtų taisyklė**.

Kai kūną veikia keletas jėgų, momentų taisyklė formuluojama taip: **jėgų momentų, sukančių kūną laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi, suma lygi jėgų momentų, sukančių jį priešinga kryptimi, sumai.**

Užduotys ???

1. Nubrėžkite jėgų, kurios veikia 7.7 paveiksle pavaizduotus kūnus, pečius.

2. Vyras, praleisdamas moterį pro duris, jas prilaikė ties viduriu. Kiek kartų mažesne jėga jis galėjo tai padaryti prilaikydamas duris arti rankenos?

3. Kūną veikia 3 N jėga, kurios petys lygus 0,2 m. Apskaičiuokite jos momentą.

4. Kūną veikia jėga, kurios momentas 0,4 N · m, o petys 0,5 m. Koks yra šios jėgos didumas?

5. Automobilio rato tvirtinimo veržlei užveržti reikia 66 N · m jėgos momento. Kokio didumo jėga turi veikti 30 cm ilgio rakto galą? Ar gali vairuotojas jį spausti visu savo svoriu?

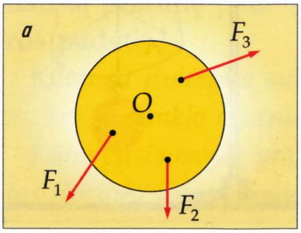
6. Mokinys, atlikęs bandymą su 7.6 paveiksle pavaizduotu įrenginiu, gautus rezultatus surašė lentelėje:

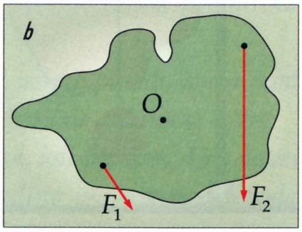
	Jėga	Jėgos petys	Jėgos momentas
Skritulys sukamas laikrodžio rodyklės judėjimo kryptimi	5 N 10 N	7 cm 3,5 cm	
Skritulys sukamas priešinga laikrodžio rodyklės judėjimui kryptimi	3 N 8 N	10 cm 5 cm	

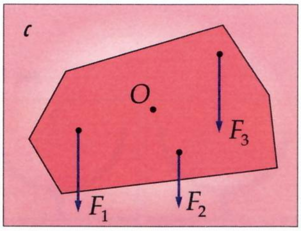
Apskaičiuokite abiem atvejais jėgų momentus ir juos palyginkite.

7. Ar teisingas toks pasakymas: „Veržlei atsukti reikia 25 N jėgos"?

7.7 pav.

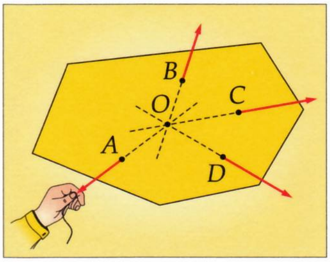






7.2. Masės centras

Jėgos veikiamas kūnas gali ne tik suktis, bet ir slinkti.



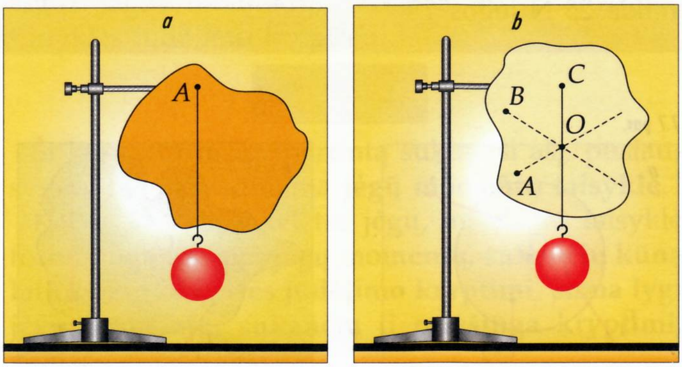
7.8 pav.

1 bandymas. Kartono arba faneros plokštės taškuose *A*, *B*, *C* ir *D* pritvirtinkime siūlus (7.8 pav.). Paskui padėkime plokštę ant stalo ir pabandykime ją traukti ta pačia kryptimi už vieno, kito, trečio ir ketvirto siūlo. Beveik kiekvieną kartą iš pradžių plokštė pasisuks ir tik tada pradės slinkti. Siūlų traukimo (t. y. jėgų veikimo) kryptimi ant plokštės nubrėžkime tieses. Pamatysime, kad visos jos susikerta viename taške *O*. Vadinasi, kūnas (šiuo atveju — plokštė) turi tašką, per kurį einančios jėgos (arba jų veikimo linijos) verčia tą kūną slinkti. Kai jėgos veikimo tiesė neina per šį tašką, kūnas pasisuka.

2 bandymas. Ant stove įtvirtintos vinies taške *A* užmaukime netaisyklingos formos kartono plokštę (7.9 pav., *a*) ir pakabinkime svambalą — prietaisą vertikaliai krypčiai nustatyti (jį sudaro pasvaras ir prie jo pririštas siūlas). Pieštuku pažymėkime siūlo padėtį arti viršutinio ir apatinio plokštės krašto. Nuėmę plokštę nuo vinies, nubrėžkime liniją, jungiančią pažymėtus taškus.

Užmaukime ant vinies šią plokštę dar bent dviejuose kituose taškuose (*B* ir *C*) ir kiekvieną kartą tokiu pat būdu nubrėžkime linijas, sutampančias su svambalo siūlo kryptimi. Visos jos susikirs viename taške *O* (7.9 pav., *b*), kuris vadinamas **kū̃no mãsės centrù**. Jis dar dažnai vadinamas kūno **suñkio centrù**.

7.9 pav.



Pabandykime plokštę pastatyti ant vertikalios vinies taip, kad jos smaigalys sutaptų su plokštės sunkio centru. Plokštė bus pusiausvira.

Užduotys

1. Kur yra taisyklingos formos žiedo arba apskrito riestainio masės centras?

2. Ar visada kūno masės centras yra pačiame kūne?

3. Ar gali nesimetriško kūno masės centras būti geometriniame to kūno centre?

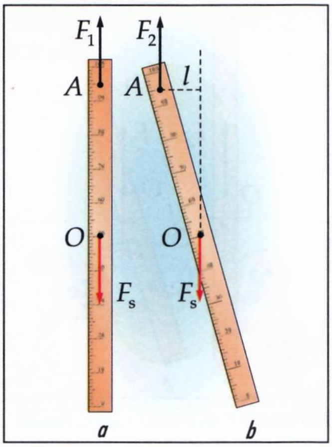
7.3. Pusiausvyros rūšys

Kūnų pusiausvyra būna trejopa: **pastovióji, nepastovióji** ir **beskiřtė**. Aptarkime detaliau kiekvieną pusiausvyros rūšį ir išsiaiškinkime, kuriomis sąlygomis kūnas gali būti pusiausviras.

Pastovioji pusiausvyra

Atlikime keletą paprastų bandymų.

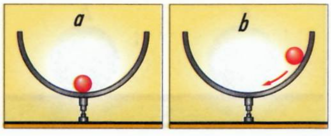
1 bandymas. Pakabinkime ant vinies liniuotę taip, kad jos sunkio centras *O* būtų žemiau pakabinimo taško *A* (7.10 pav., *a*). Jei pakreipsime liniuotę į šoną (7.10 pav., *b*), atsiras jėgos momentas $M = F_s l$, kuris grąžins ją į pusiausvyros padėtį.



7.10 pav.

2 bandymas. Ant įgaubtos atramos padėkime rutuliuką. Jis visada sustos žemiausioje jos vietoje (7.11 pav., *a*). Jei rutuliuką šia atrama pakelsime aukštyn ir paleisime (7.11 pav., *b*), jis sugrįš į stabiliausią pradinę padėtį. Tai pastoviosios pusiausvyros padėtis.

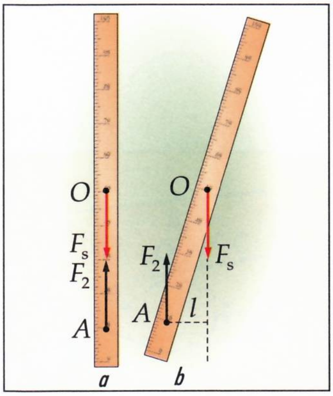
7.11 pav.



Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra pastovi, kai jo sunkio centras yra žemiau sukimosi ašies.

Kūno pusiausvyra yra pastovi, kai jis, šiek tiek paveiktas išorinės jėgos, grįžta į pradinę pusiausvyros padėtį.

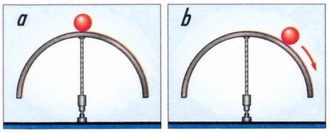
Nepastovioji pusiausvyra



7.12 pav.

Ištirkime sąlygas, kuriomis įvairių kūnų pusiausvyra yra nepastovi.

3 bandymas. Pakabinkime liniuotę taip, kad jos sunkio centras būtų aukščiau pakabinimo taško A (7.12 pav., *a*). Kai sunkio centras ir pakabinimo taškas bus vertikalioje tiesėje, liniuotė nejudės. Tai nepastoviosios pusiausvyros padėtis. Pakanka liniuotei tik truputį nukrypti nuo jos — ir atsiranda jėgos momentas $M = F_s l$, kuris tą nuokrypį dar padidina (7.12 pav., *b*).



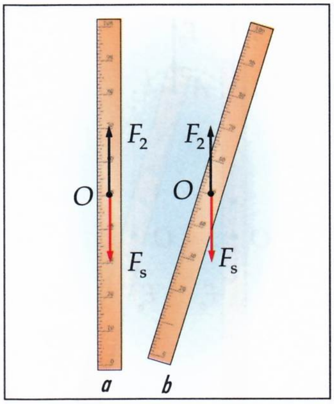
7.13 pav.

4 bandymas. Padėkime rutuliuką ant aukščiausio išgaubtos (iškilos) atramos taško (7.13 pav., *a*). Rutuliukas bus pusiausviras, nes jį veikiančių jėgų atstojamoji lygi nuliui. Išjudintas jis tols nuo šios padėties (7.13 pav., *b*).

Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra nepastovi, kai jo sunkio centras yra aukščiau sukimosi ašies.

Kūno pusiausvyra yra nepastovi, kai jis, šiek tiek išjudintas iš pradinės pusiausvyros padėties, nuo jos tolsta.

Beskirtė pusiausvyra

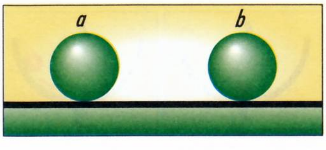


7.14 pav.

Ji būdinga gerai subalansuotiems automobilio, dviračio ir kitokiems ratams.

5 bandymas. Pakabinkime liniuotę taip, kad jos sunkio centras sutaptų su sukimosi ašimi O (7.14 pav., *a*). Kad ir kaip sukiosime liniuotę (7.14 pav., *b*), ji liks toje padėtyje, į kurią bus pasukta, nes liniuotę veikiančių jėgų atstojamoji bus lygi nuliui ir neatsiras ją veikiančio jėgos momento — jėgos petys visą laiką bus lygus nuliui. Tokia liniuotės pusiausvyra vadinama beskirte.

7.15 pav.



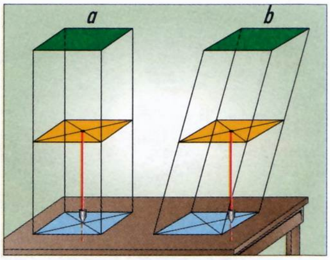
6 bandymas. Padėkime rutuliuką ant horizontalios plokštumos (7.15 pav., *a*). Judinamo rutuliuko būsena visą laiką yra stabili (7.15 pav., *b*).

Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra yra beskirtė, kai sukimosi ašis eina per sunkio centrą.

Atramą turinčio kūno pusiausvyra

Kūnai gali turėti ne tik vieną, bet ir keletą atramos taškų arba remtis į atramą visu pagrindu. Išnagrinėkime tokių kūnų pusiausvyros sąlygas.

7 bandymas. 7.16 paveiksle, *a*, pavaizduoto lankstaus prietaiso pagrindą laikykime vienoje vietoje, o viršų stumkime į šoną (7.16 pav., *b*). Pamatysime, kad prietaisas negrius, kol per vidurį pakabinto svambalo kryptis eis per pagrindą. Išėjus svambalui už pagrindo ribų, prietaisas parvirs.



7.16 pav.

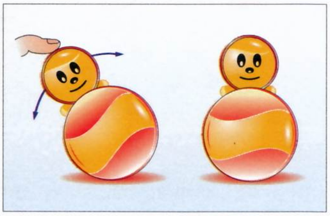
Taigi kūnas, turintis atramą, yra pusiausviras, kai iš jo sunkio centro nuleistas statmuo kerta atramos plotą. Juo didesnis šis plotas ir juo žemiau sunkio centras, juo pastovesnė kūno pusiausvyra. Kai kūnas remiasi keletu taškų, atramos plotu laikoma plokščioji figūra, kuri susidaro sujungus tuos taškus. Tai galima patvirtinti stalo pavyzdžiu.

Gal teko matyti įdomų žaislą — arkliuką su prikabintu metaliniu rutuliu (7.17 pav.)? Atsirėmęs į stalelį tik užpakalinėmis kojomis, jis laikosi pusiausviras. Be rutulio arkliukas tuoj griūva. Žaislo sunkio centras yra žemiau negu užpakalinės kojos, o nuleistas iš šio centro statmuo neišeina už stalelio ribų.

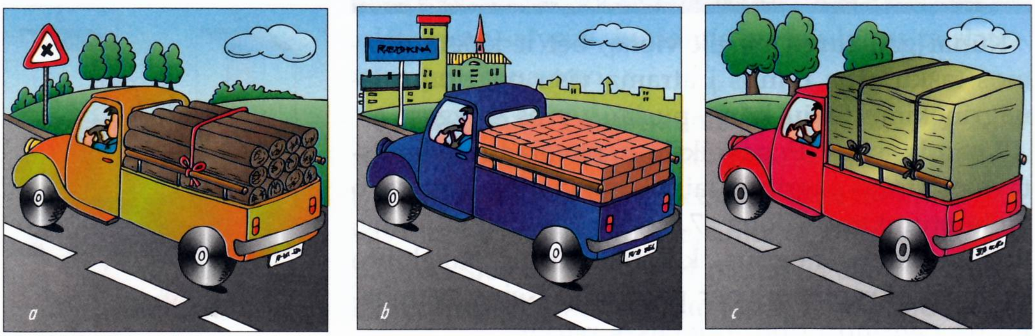

7.17 pav.

Užduotys

1. Įvairiai vartomas stovukas paleistas vis atsistoja (7.18 pav.). Šio žaislo vidus tuščias, tik apačioje yra sunkus metalinis šratas. Paaiškinkite, kodėl stovukas negriūva.


7.18 pav.

2. Pabandykite netaisyklingos formos lentutės ar faneros sunkio centrą nustatyti šitaip: padėkite lentutę ant stalo pakraščio ir stumkite nuo jo tol, kol pradės svirti. Tuo momentu prilaikydami lentutę, apatinėje jos pusėje palei stalo kraštą nubrėžkite liniją. Šiek tiek pasukę lentutę, tokiu pat būdu nubrėžkite dar vieną dvi linijas. Jos susikirs viename taške. Ar šių linijų sankirtos taškas bus lentutės sunkio centras? Patikrinkite.



7.19 pav.

3. Kodėl negalima atsikelti nuo kėdės nepalinkus į priekį? Paaiškinkite nubraižydami brėžinį.

4. Atsistokite prie sienos, priglausdami prie jos vieną petį ir koją. Pabandykite pakelti į viršų kitą koją. Ar pasisekė? Paaiškinkite nubraižydami brėžinį.

5. Kodėl per audrą jūrininkai laive vaikšto išskėtę kojas?

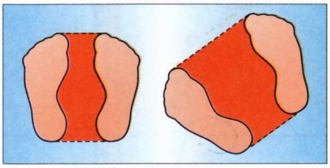
6. Kodėl sunku eiti su kojokais?

7. Trys tokie pat sunkvežimiai veža vienodos masės krovinius: pirmas — malkas, antras — plytas, trečias — šiaudus (7.19 pav.). Kuris sunkvežimis stabiliausias?

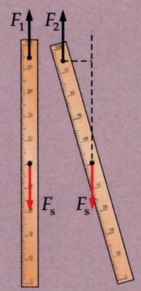
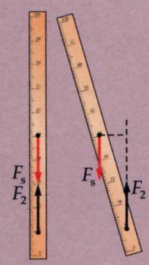
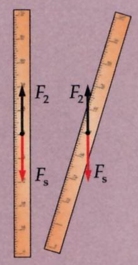
8. 7.20 paveiksle pavaizduotos dvi žmogaus pėdų padėtys. Kuri iš jų yra boksininko, ringe pasirengusio kovai?

9. Kodėl žmogus, nešdamas ant nugaros sunkų krovinį, palinksta į priekį?

7.20 pav.



Skyriaus „Kūnų pusiausvyra" santrauka

Jėgos petys	Trumpiausias atstumas nuo kūno sukimosi ašies (atramos taško) iki jėgos veikimo linijos vadinamas jėgos petimi.		
Jėgos momentas $M = Fl$ $[M] = 1\ \mathrm{N \cdot m}$	Jėgos ir jos peties sandauga vadinama jėgos momentu. Vienas niutonmetras — tai jėgos momentas, sukuriamas 1 N jėgos, kurios petys lygus 1 m.		
Pusiausvyros rūšys	Pastovioji pusiausvyra  Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra pastovi, kai jo sunkio centras yra žemiau sukimosi ašies.	Nepastovioji pusiausvyra  Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra nepastovi, kai jo sunkio centras yra aukščiau sukimosi ašies.	Beskirtė pusiausvyra  Kūno su įtvirtinta sukimosi ašimi pusiausvyra yra beskirtė, kai sukimosi ašis eina per jo sunkio centrą.
Kūno atrama ir pusiausvyra	Keletą atramos taškų turintis kūnas yra pusiausviras, jei iš jo sunkio centro nuleistas statmuo atsiduria tarp atramos taškų. Juo didesnis kūnų atramos plotas ir juo žemiau yra jo sunkio centras, juo pastovesnė to kūno pusiausvyra.		

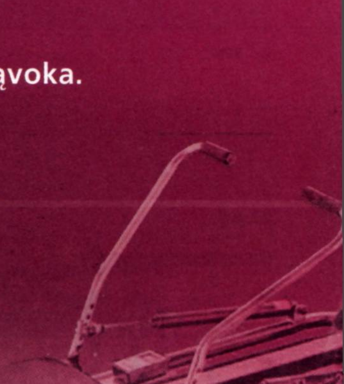




8 Paprastieji mechanizmai

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- svertu;
- sverto taisykle;
- skridiniais: nekilnojamuoju ir kilnojamuoju skridiniu;
- skrysčiais;
- nuožulniąja plokštuma;
- naudingumo koeficiento sąvoka.



8.1. Svertas

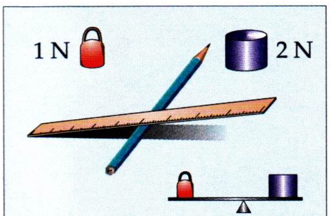
Tai įdomu!

• *Svertai naudoti jau daugiau nei prieš 4000 metų, statant Egipto piramides, kurios buvo skirtos faraonų kapams saugoti. Antai 146,6 m aukščio Cheopso piramidė sudėta iš maždaug 2 400 000 akmens luitų, kurių kiekvieno vidutinė masė yra apie 2,5 t. Šią piramidę apie 84 000 darbininkų pastatė maždaug per 20 metų.*

Darbui atlikti, tiksliau, jam palengvinti, žmonės nuo seno naudoja įvairius įrankius, prietaisus, mechanizmus: svertą, suktuvą, skridinius, nuožulniąsias plokštumas ir kt. Jie vadinami **paprastaĩsiais mechanìzmais**. Visi šie mechanizmai naudojami jėgai pakeisti.

7.1 skyrelyje susipažinome su kietaisiais kūnais, kurie gali suktis apie įtvirtintą ašį (atramos tašką). Tokie kūnai vadinami **sver̃tais**. Jie naudojami technikoje ir buityje, kai reikia laimėti jėgos, t. y. mažesne jėga atsverti didesnę. Kaipgi svertu laimima jėgos?

Pirmiausia išnagrinėkime dvipusius svertus, t. y. svertus, kuriuos jėgos veikia iš abiejų atramos pusių. Pabandykime pakelti sunkų daiktą, pavyzdžiui, didelį akmenį ar dėžę. Nepavyks. Dabar po akmeniu pakiškime ilgą ir tvirtą dalbą, o po ja — rąstelį. Spaudžiant laisvąjį dalbos galą žemyn, akmuo kils. Naudodami dalbą (svertą), mažesne raumenų jėga atsvėrėme daug didesnį akmens svorį. Taigi laimėjome jėgos. Tokios rūšies svertu — kėlikliu vairuotojas lengvai pakelia kelių tonų masės automobilį.

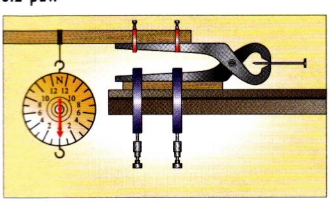


8.1 pav.

1 bandymas. Ant vieno liniuotės galo padėkime 200 g masės (apie 2 N svorio) ritinėlį, ant kito — 1 N svorio svarstį. Po liniuote pakiškime pieštuką ir stumdykime jį tol, kol liniuotė pasidarys pusiausvira (8.1 pav.). Tuomet svarstis atsvers sunkesnį ritinėlį, vadinasi, laimėsime 1 N jėgos.

Svertu galima laimėti daugiau arba mažiau jėgos. Tai priklauso nuo jos peties.

8.2 pav.



2 bandymas. 8.2 paveiksle pavaizduota, kaip galima keisti jėgą, kuria pergnybama vinis. Prie viršutinės replių rankenos prikabinkime dinamometrą ir traukime jį žemyn, kol vinis bus pergnybta. Įsidėmėkime, ką rodė dinamometras. Paskui jį pastumkime arčiau rankenos galo ir vėl pakartokime bandymą. Dabar dinamometras rodys mažesnę jėgą. Remdamiesi bandymo rezultatais, galime daryti išvadą: juo ilgesnis jėgos petys, juo daugiau jėgos laimime.

3 bandymas. Prie stovo pritvirtinkime svertą. Iš abiejų jo ašies pusių kabinkime įvairius pasvarus taip, kad kas kartą svertas būtų pusiausviras (8.3 pav.). Rezultatus surašykime lentelėje:

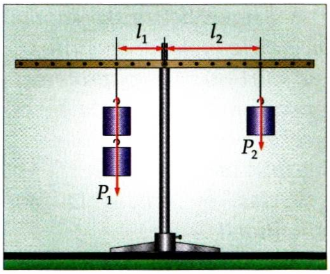
Bandymo Nr.	Kairysis petys			Dešinysis petys		
	l_1, m	P_1, N	P_1l_1, N · m	l_2, m	P_2, N	P_2l_2, N · m
1	0,4	2	0,8	0,2	4	0,8
2	0,5	3	1,5	0,3	5	1,5
3	0,6	4	2,4	0,4	6	2,4

Iš jos matyti, kad visais trimis atvejais pusiausviram svertui galioja jėgų momentų taisyklė: jėgos P_1 momentas yra lygus jėgos P_2 momentui. Ją galima užrašyti formule

$$P_1l_1 = P_2l_2.$$

Iš čia

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$



8.3 pav.

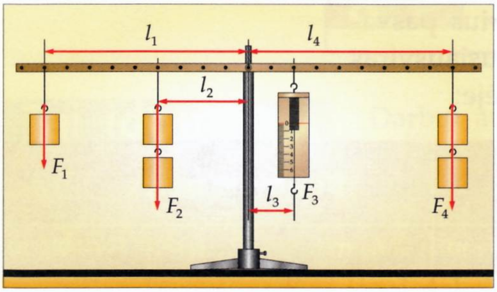
Gavome lygybę, kuri nusako sverto pusiausvyros sąlygą ir vadinama **sverto taisyklė**:

svertas pusiausviras yra tada, kai jį veikiančios jėgos atvirkščiai proporcingos jų pečiams.

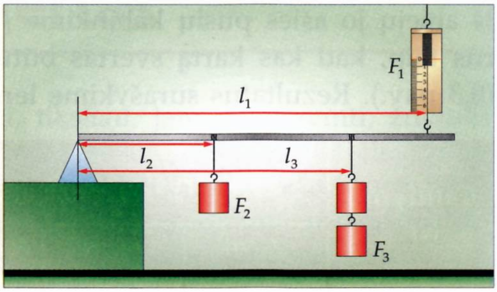
Šią taisyklę suformulavo senovės graikų matematikas ir mechanikas Archimedas (*Archimedes*, 287 pr. Kr. — 212 pr. Kr.), pagrįstai gyręsis Sirakūzų valdovui Heronui: „Duok man atramos tašką ir aš pajudinsiu Žemę". Iš tiesų, turint milžinišką svertą, Žemei pakelti užtektų ir žmogaus jėgos.

Sverto taisyklė galioja ir tada, kai jį veikia ne dvi, o kelios ar keliolika jėgų.

4 bandymas. Prie demonstracinio sverto kairiojo peties dviejose vietose prikabinkime pasvarus, o dešinįjį petį traukime žemyn dinamometru ir pasvarais (8.4 pav.). Pusiausvyros sąlyga ir šiuo atveju



8.4 pav.



8.5 pav.

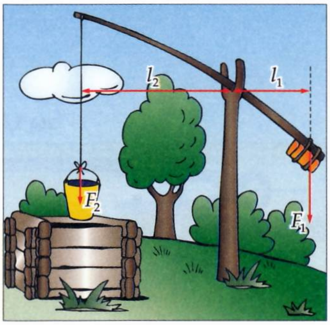
Tai įdomu!

- *Senojo lietuviško kaimo neįsivaizduojame be šulinio su svirtimi. Mūsų protėviai suvokė ir praktiškai taikė sverto veikimo principus. Turbūt neatsitiktinai „svertas" ir „svirtis" laikomi sinonimais.*

  Šulinio svirtis — toks pat svertas, kaip ir anksčiau minėti (8.6 pav.).

  Kibirui į šulinį nuleisti reikia tam tikrų pastangų, o jį iškelti visai nesunku.
- *Kaimo buityje svirtis dar naudota aliejui spausti.*

8.6 pav.



nustatoma pagal jau žinomą momentų taisyklę: jėgų momentų, veikiančių svertą prieš laikrodžio rodyklės sukimosi kryptį, suma turi būti lygi jėgų momentų, veikiančių laikrodžio rodyklės sukimosi kryptimi, sumai, t. y.

$$F_1l_1 + F_2l_2 = F_3l_3 + F_4l_4.$$

Į šią lygybę įrašę skaitines dydžių vertes, apskaičiuokime jėgą F_3. Pamatysime, kad skaitinė jos vertė sutampa su dinamometro rodmeniu.

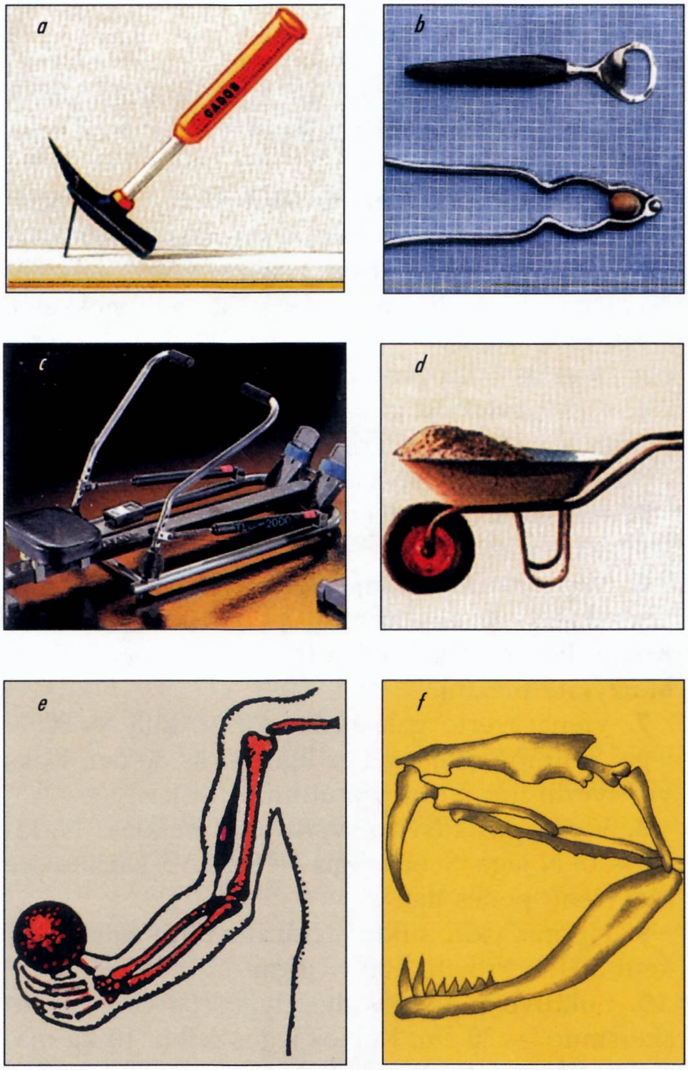
Svertus jėgos gali veikti ir iš vienos atramos pusės. Tokiais vienpusiais svertais taip pat galima laimėti jėgos.

5 bandymas. Vieną demonstracinio sverto galą padėkime ant dėžutės, o prie kito galo pritvirtinkime dinamometrą. Prie sverto iš apačios prikabinkime tris pasvarus (8.5 pav.). Kad svertą išlaikytume pusiausvirą, turime kelti dešinįjį jo galą į viršų jėga F_1 (ją rodo dinamometras). Pusiausviram svertui pritaikykime jėgų momentų taisyklę:

$$F_1l_1 = F_2l_2 + F_3l_3.$$

Įrašę skaitines dydžių vertes, įsitikiname, kad lygybė yra teisinga.

Sverto principu pagrįstas viniatraukio, žnyplių, atkimštuko, spaustuko, svarstyklių, šulinių svirčių (žr. įvadinį šio skyriaus atverstinį) bei suktuvų, veržliarakčių ir kt. veikimas (8.7 pav., *a, b*). Svertų yra daugelyje mašinų ir įrenginių, pavyzdžiui, dviratyje, treniruoklyje, automobilyje, ekskavatoriuje, karučiuose (8.7 pav., *c, d*). Jų turi ir žmogus, gyvūnai bei augalai (8.7 pav., *e, f*).



8.7 pav.

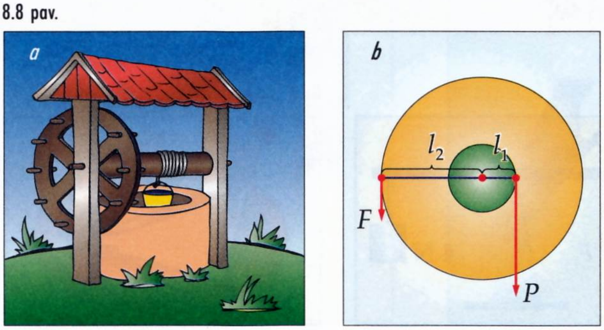
Tai įdomu!

• *Vanduo iš šulinio keliamas ir kitokios rūšies svertu — suktuvù. Jį sudaro velenas ir ant jo užmautas ratas (8.8 pav., a). Vietoj rato gali būti rankena. Prie veleno pririšama grandinė ar virvė. Sukant rankeną arba ratą, ji vyniojama ant veleno ir kartu keliamas iš šulinio kibiras su vandeniu. 8.8 paveiksle, b, pavaizduota suktuvo schema: ašis yra atramos taškas, sverto petį l_1 (lygų veleno spinduliui) veikia keliamo kibiro svoris P, petį l_2 (rankeną) — žmogaus raumenų jėga F.*

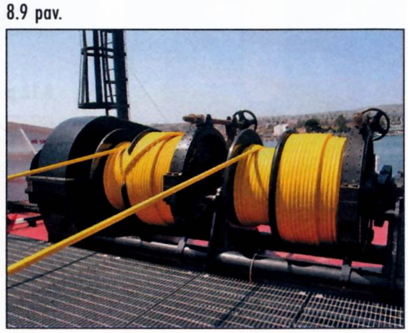
Pagal sverto taisyklę, $\frac{P}{F} = \frac{l_2}{l_1}$.

Keliamo kibiro svoris yra tiek kartų didesnis už rankeną veikiančią jėgą, kiek kartų rankena ilgesnė už veleno spindulį. Dabar pasidaro aišku, kodėl vietoj rankenos būdavo daromi ratai — jų spindulys daug didesnis ir todėl lengviau kelti krovinį. Suktuvais galima semti ne tik vandenį iš šulinio. Labai sunkūs kroviniai keliami specialiais suktuvais — gervėmis (8.9 pav.). Jos dažnai įtaisomos kranuose, keltuvuose, liftuose ir kitur.

8.8 pav.

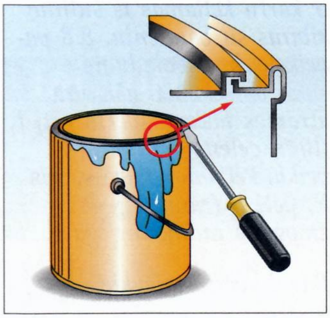


8.9 pav.





8.10 pav.



8.11 pav.

Užduotys

1. Sodininkas veža žemes karučiu (8.10 pav.). Parodykite čia veikiančias jėgas, sverto pečius, atramos tašką.

2. Dažų dėžutę dažnai atidarome atsuktuvu (8.11 pav.). Tai ne kas kita, o svertas. Nusibraižykite scheminį brėžinį ir pažymėkite svertą veikiančias jėgas, jų pečius, atramos tašką (sukimosi ašį).

3. Kokio didumo jėga reikia veikti kairįjį sverto petį, kad jis būtų pusiausviras (8.12 pav.)?

4. 8.13 paveiksle pavaizduotas peilis popieriui pjauti. Jo veikimas pagrįstas sverto principu. Parodykite svertą veikiančias jėgas ir jų pečius.

5. Paaiškinkite, kodėl, kerpant žirklėmis ar žnyplėmis, laimima jėgos.

6. Sverto trumpesniojo peties ilgis lygus 20 cm, ilgesniojo — 60 cm. Ilgesnįjį petį veikia 50 N jėga. Kokio didumo jėga veikia trumpesnįjį petį? Nusibraižykite brėžinį.

7. Vieną sverto galą veikia 20 N, kitą — 80 N jėga. Trumpesniojo peties ilgis lygus 30 cm. Koks yra sverto ilgis? Kur yra atramos taškas?

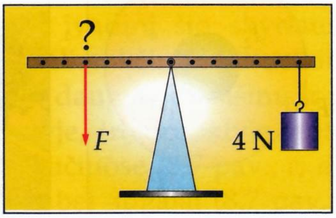
8. Vieną pusiausviro sverto galą veikia 2 N, kitą — 18 N jėga. Sverto ilgis — 1 m. Apskaičiuokite kiekvieno peties ilgį.

9. Nubraižykite suktuvą, kuriuo būtų galima pakelti 300 N krovinį 100 N jėga.

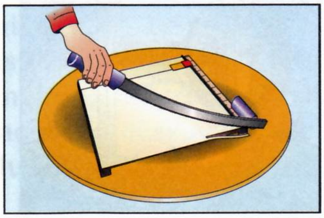
10. Suktuvo rankenos ilgis lygus 50 cm, veleno skersmuo — 20 cm. Kokios jėgos reikia 10 kg masės vandens kibirui pakelti?

11. 8.8 paveiksle, *b*, parodyti suktuvo veleną ir rankeną veikiančių jėgų pečiai. Nubrėžkite šių jėgų pečius, kai suktuvo rankena būna įvairiose padėtyse.

8.12 pav.



8.13 pav.



8.2. Skridinys

Krovinį kelti į viršų patogiau virve, perverta per žiedą (8.14 pav., *a*). Tiesa, čia prisideda trintis, tačiau geriau traukti žemyn virvę, negu kelti į viršų krovinį.

Trintį sumažinsime žiedą pakeitę ratuku, kuris gali suktis (8.14 pav., *b*), t. y. **skrìdiniu**. Skridinỹs yra ant ašies užmautas nedidelis ratas su grioveliu virvei, lynui ar grandinei permesti (8.15 pav.).

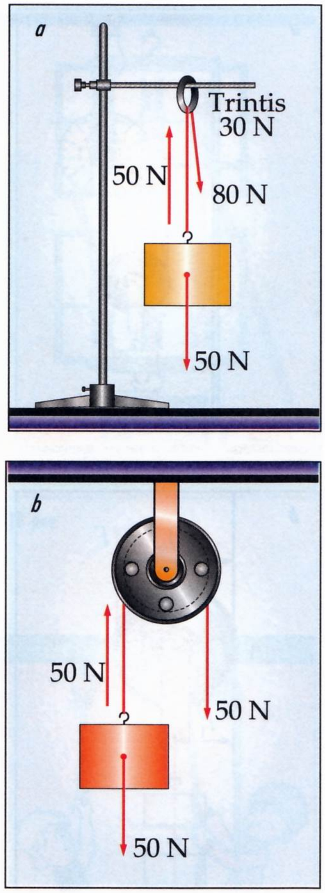
Nekilnojamasis skridinys

Išnagrinėkime, kaip veikia **nekilnójamasis skridinỹs**, t. y. skridinys, užmautas ant nejudančios ašies.

1 bandymas. Įtvirtinkime skridinį aukščiau tos vietos, į kurią norime pakelti krovinį (8.16 pav., *a*). Per skridinį permeskime virvę, prie vieno jos galo prikabinkime krovinį, o kitą galą traukime žemyn. Virvė kels krovinį į viršų.

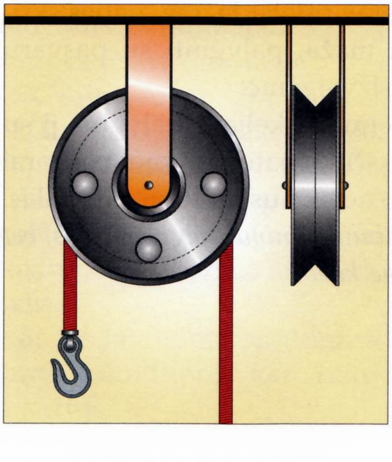
Nekilnojamąjį skridinį (8.16 pav., *b*) galima laikyti lygiapečiu dvipusiu svertu ($l_1 = l_2$). Lygios jėgos ($F_1 = F_2$) viena kitą atsveria (jeigu nekreipiame dėmesio į trintį, kuri čia labai maža).

Šiuo skridiniu jėgos nelaimime, o tik pakeičiame jos veikimo kryptį. Tai kartais būna labai patogu. Jei krovinį kelia žmogus, tai jis, pakibdamas ant virvės, veikia ją visu savo svoriu (žr. 8.16 pav., *a*).

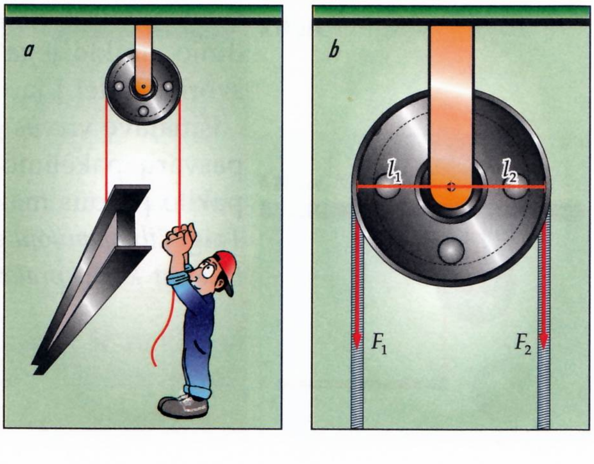


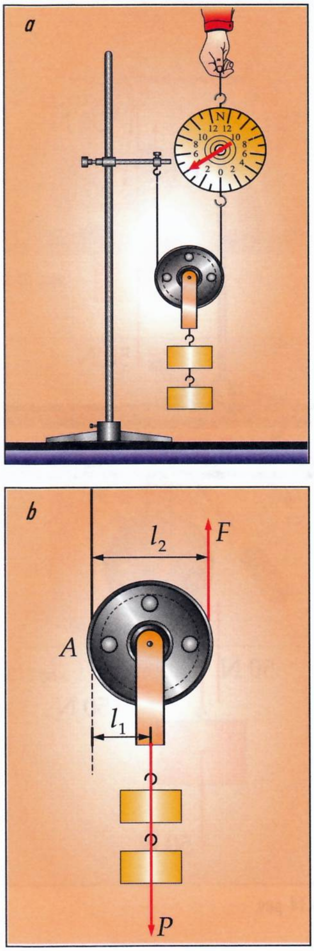
8.14 pav.

8.15 pav.



8.16 pav.





8.17 pav.

Kilnojamasis skridinys

2 bandymas. Sumontuokime 8.17 paveiksle, *a*, pavaizduotą įrenginį. Matome, kad skridinys niekur neįtvirtintas, kyla kartu su pasvarais. Todėl jis ir vadinamas **kilnójamuoju skrìdiniu**.

Iš pradžių, kol kabo vien skridinys (be pasvarų), įsidėmėkime dinamometro rodmenį (sakykime, jis lygus 3 N). Tada prikabinkime du pasvarus po 102 g (jų abiejų svoris lygus 2 N). Dinamometras rodys tik 1 N daugiau.

Kabinant daugiau pasvarų, matyti, kad dinamometro rodmenys didėja dvigubai mažiau negu pasvarų svoris. Taigi kilnojamuoju skridiniu krovinį galima pakelti perpus mažesne jėga negu krovinio svoris. Mat vieną virvės galą laiko atrama, o kitą — kėlėjas.

Kaip paaiškinti šio skridinio veikimą?

Kilnojamasis skridinys yra ne kas kita, o vienpusis svertas, nes jėgos jį veikia iš vienos atramos *A* pusės (8.17 pav., *b*). Keliamų pasvarų svorio *P* petys lygus l_1, kėlėjo jėgos *F* petys yra l_2. Todėl nagrinėjamo skridinio pusiausvyros sąlyga tokia:

$$Pl_1 = Fl_2.$$

Tačiau l_2 (jis lygus skridinio skersmeniui) du kartus ilgesnis už l_1 (skridinio spindulį). Vadinasi, *F* turi būti perpus mažesnė už *P*. Tai patvirtino ir bandymas.

Reikia atkreipti dėmesį, kad, užrašydami šią pusiausvyros sąlygą, darėme prielaidą, jog paties skridinio sunkio jėga yra maža, palyginti su pasvarų svoriu, todėl į ją neatsižvelgėme.

Išmatavę virvės galo nueitą kelią ir palyginę jį su pasvarų pakėlimo aukščiu, matome, kad pasvarai pakilo perpus mažiau, negu nusileido virvės galas. Taigi *kilnojamuoju skridiniu laimime dvigubai jėgos, bet tiek pat kartų pralaimime kelio.*

Skrysčiai

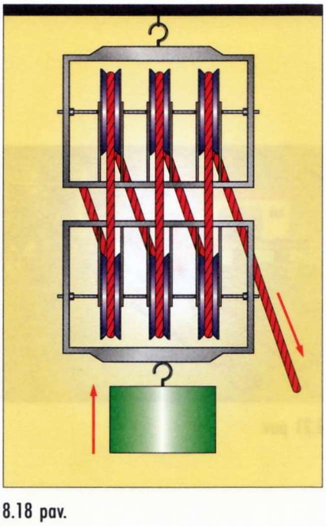
Dar vienas technikoje plačiai naudojamas paprastasis mechanizmas yra vadinamieji **skrỹsčiai**. Tai krovinių kėlimo įrenginys, sudarytas iš kilnojamųjų ir nekilnojamųjų skridinių, sujungtų lanksčia traukle.

8.18 paveiksle pavaizduoti skrysčiai turi tris nekilnojamuosius ir tris kilnojamuosius skridinius. Vienas virvės galas pririštas prie nekilnojamųjų skridinių apkabos, o kitą traukia žmogus arba variklis. Krovinys pritvirtinamas prie kilnojamųjų skridinių apkabos, kuri, kaip matyti iš paveikslo, kabo ant šešių virvių. Vienai virvei tenka šeštoji krovinio dalis. Todėl kroviniui kelti pakanka 6 kartus mažesnės jėgos negu jo svoris.

Laimėję 6 kartus jėgos, tiek pat kartų pralaimime kelio — virvę traukti reikia 6 kartus ilgesnį kelią negu krovinio pakilimo aukštis.

Jei skrysčius sudaro n kilnojamųjų skridinių, kroviniui pakelti reikia $2n$ kartų mažesnės jėgos negu krovinio svoris.

Keliant krovinį skrysčiais, kaip ir skridiniais, tenka nugalėti trintį. Todėl visas nuveiktas darbas visada yra didesnis už darbą, reikalingą kroviniui pakelti.


8.18 pav.

Užduotys ??

1. Kokius skridinius esate matę namuose, gamykloje, dirbtuvėse?

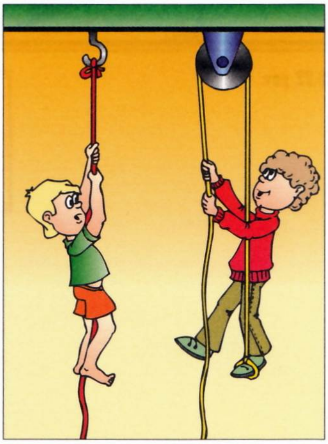
2. Kaip lengviau pakilti į viršų: lipti virve ar keltis nekilnojamuoju skridiniu (8.19 pav.)?

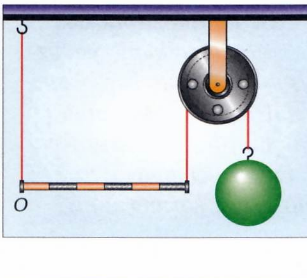
3. Keliant 50 kg krovinį nekilnojamuoju skridiniu, virvė traukiama 530 N jėga. Apskaičiuokite trinties jėgos didumą.

4. Kilnojamojo skridinio ir krovinio masė lygi 48 kg. Kroviniui pakelti reikia 260 N jėgos. Apskaičiuokite trinties jėgos didumą.

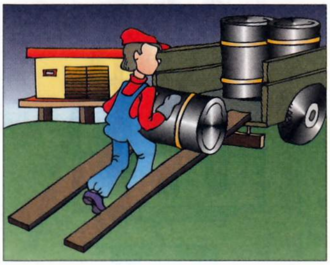
5. Per kiek padalų nuo kairiojo galo O reikia prikabinti prie sverto, pavaizduoto 8.20 paveiksle, tris tokius pat rutuliukus, kad svertas būtų pusiausviras?

6. Ar įmanoma sujungti kilnojamąjį ir nekilnojamąjį skridinius, kad būtų galima laimėti jėgos 4 kartus?

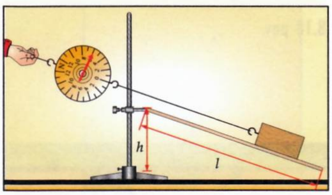

8.19 pav.

8.20 pav.


8.3. Nuožulnioji plokštuma



8.21 pav.



8.22 pav.

Sunkūs daiktai į sunkvežimį įridenami storomis lentomis, o ne keliami tiesiai aukštyn (8.21 pav.). Į statų kalną lipame vingiais, o ne tiesiausiu keliu. Kodėl? Mat šitaip kelti ir lipti lengviau.

Plokštuma, sudaranti smailųjį kampą su horizontu, vadinama **nuožulniąja**.

Bandymas. Prie stovo nuožulniai pritvirtinkime liniuotę ar lentutę. Prie dinamometro prikabinę medinę trinkelę, išmatuokime jos svorį P. Paskui tolygiai traukime trinkelę su dinamometru lentute į viršų (8.22 pav.). Dinamometras rodo daug mažesnę negu trinkelės svoris jėgą F. Vadinasi, nuožulniąja plokštuma laimime jėgos.

Apskaičiuokime darbą, reikalingą trinkelei pakelti vertikaliai į aukštį h:

$$A_1 = Ph.$$

Traukiant tą trinkelę į tą patį aukštį h nuožulniąja plokštuma, atliekamas darbas $A_2 = Fl$. Palyginę darbus A_1 ir A_2, įsitikinsime, kad jie yra beveik lygūs (gali šiek tiek ir skirtis, nes nuožulniąja plokštuma aukštyn traukiamą kūną veikia trinties jėga), todėl

$$Ph = Fl.$$

Iš darbų lygybės išplaukia, kad tokia santykių lygybė:

$$\frac{P}{F} = \frac{l}{h}.$$

Kroviniui pakelti nuožulniąja plokštuma reikia tiek kartų mažiau jėgos, kiek kartų ta plokštuma kūno nueitas kelias yra ilgesnis už kūno pakilimo aukštį. Iš tikrųjų ta jėga būna truputį didesnė, nes dalis jos naudojama trinčiai nugalėti.

Labai dažnai kūnai juda nuožulniosiomis plokštumomis: slidininkai kyla į kalnus, automobiliai važiuoja tai į kalną, tai į pakalnę. Kirviai, kaltai, peiliai, sraigtai, varžtai — tai vis nuožulniosios plokštumos.

Tai įdomu!

- *Geras nuožulniosios plokštumos taikymo pavyzdys — Vilniaus barbakano architektūra: iš požemio į gynybinį bokštą patrankos būdavo ridenamos ilgu nuožulniu koridoriumi.*

Užduotys ??

1. 2,5 m ilgio nuožulnia lenta ritinama 1000 N svorio statinė. Ji stumiama 200 N jėga. Į kokį aukštį pakeltas vienas lentos galas?

2. 100 kg masės rąstagalys keliamas į 1 m aukštį 5 m ilgio nuožulniąja plokštuma. Kokį darbą reikia atlikti užkeliant rąstagalį? Energijos nuostolių nepaisykite.

3. Kodėl nuožulniais laiptais lipti lengviau negu stačiais?

4. Vienos nuožulniosios plokštumos ilgis lygus 6 m, kitos — 7,2 m. Pirmąja plokštuma kūnas pakeliamas į 1,5 m aukštį, o antrąja — į 1,8 m. Kuria šių plokštumų galima laimėti daugiau jėgos?

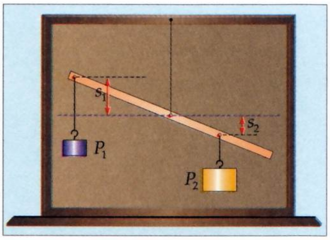
5. Koks turi būti nuožulniosios plokštumos ilgio ir ta plokštuma traukiamos trinkelės pakilimo aukščio santykis, kad trinkelę užtektų traukti jėga, lygia pusei jos svorio?

8.4. Auksinė mechanikos taisyklė

Nagrinėdami paprastųjų mechanizmų veikimą, pabrėžėme, kad jais dažniausiai laimime jėgos ir pralaimime kelio (žr. 8.1—8.3 skyrelį). Pavyzdžiui: vairuotojo, spaudžiančio kėliklio rankeną, ranka nueina tiek kartų ilgesnį kelią nei aukštis, į kurį pakeliamas automobilis, kiek kartų raumenų jėga mažesnė už automobilio svorį; 30 cm ilgio veržliarakčiu kartą apsuktas varžtas pasislenka ašimi vos 1 mm, tuo tarpu ranka per tą laiką nueina 2 m kelią, t. y. 2000 kartų daugiau. O ar laimime šiais mechanizmais darbo?

1 bandymas. Ant siūlo ties klasės lenta pakabinkime demonstracinį svertą. Prie abiejų jo pečių prikabinkime skirtingo dydžio pasvarus taip, kad svertas būtų pusiausviras. Kreida lentoje nubrėžkime liniją, atitinkančią horizontalią sverto padėtį (8.23 paveiksle ją vaizduoja ilga mėlyna brūkšninė

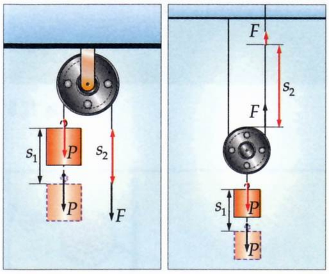
8.23 pav.



tiesės atkarpa). Paskui svertą pakreipkime ir nubrėžkime kitą liniją, rodančią jo padėtį. Išmatuokime atstumus s_1 ir s_2, kuriuos nuėjo abu pasvarai (kartu ir jėgų P_1 bei P_2 veikimo taškai). Matome, kad tie atstumai atvirkščiai proporcingi pasvarų svoriui (P_1 ir P_2). Apskaičiavę jėgų P_1 ir P_2 atliktus darbus, sužinome, kad jie yra lygūs:

$$P_1 s_1 = P_2 s_2.$$

Taigi svertu darbo nelaimime.



8.24 pav.

2 bandymas. Sumontuokime įrenginius, pavaizduotus 8.24 paveiksle, *a* ir *b*. Traukdami virvę jėga *F*, nekilnojamuoju ir kilnojamuoju skridiniu pakelkime svorio *P* pasvarą į tam tikrą aukštį. Paskui išmatuokime atstumus, kuriuos nueina jėgų *P* ir *F* veikimo taškai. Pirmuoju atveju $s_1 = s_2$, o antruoju — $s_2 = 2s_1$. Kadangi nekilnojamąjį skridinį veikiančios jėgos yra lygios, tai vienodas ir jų atliktas darbas. Kilnojamuoju skridiniu dvigubai laimime jėgos, bet tiek pat kartų pralaimime kelio; vadinasi, ir šiuo atveju atliekame tokį pat darbą.

Kaip matome, darbo nelaimima nei svertu, nei skridiniais, nei nuožulniąja plokštuma. Taigi nė vienu mechanizmu nelaimima darbo. Todėl jiems visiems galima pritaikyti tokią taisyklę:

kiek kartų laimime jėgos, tiek kartų pralaimime kelio.

Ji vadinama **auksinè mechãnikos taisyklè**. Tai universalaus energijos tvermės dėsnio atskiras atvejis. Su juo dar ne kartą susidursime mokydamiesi fizikos.

Užduotys

1. 100 N sverianti dėžė plytų keliama kilnojamuoju skridiniu, kurio svoris lygus 20 N. Laisvasis virvės galas pasislenka 4 m. Kokio didumo jėga traukiama virvė?

2. Kilnojamuoju skridiniu, kurio svoris 15 N, keliamas 18 kg masės krovinys. Laisvasis virvės galas veikiamas 105 N jėga. Apskaičiuokite trinties jėgą.

8.5. Naudingumo koeficientas

Kalbėdami apie mechanizmų (sverto ir kt.) atliktą darbą, neatsižvelgėme į trintį ir šių prietaisų svorį. Pavadinę mechanizmo atliktą darbą kroviniui pakelti naudinguoju darbu, veikiančios jėgos darbą — visu darbu ir juos palyginę, pamatysime, kad naudingasis darbas A_n visada mažesnis už visą A_v:

$$A_n < A_v.$$

Dalis darbo sunaudojama trinčiai mechanizme nugalėti ir jo detalėms kilnoti. **Naudingojo ir viso atlikto darbo santykis vadinamas mechanìzmo ar mašìnos naudingùmo koeficientù.** Jis paprastai žymimas graikiška raide η (tariama „eta") ir dažnai reiškiamas procentais:

$$\eta = \frac{A_n}{A_v}, \quad \text{arba} \quad \eta = \frac{A_n}{A_v} \cdot 100\,\%.$$

Kaip matome, naudingumo koeficientas visada yra mažesnis už vienetą ($0 < \eta < 1$), arba 100 %.

Užduotys

1. Kodėl mechanizmo naudingumo koeficientas negali būti lygus vienetui? didesnis už vienetą?

2. Akmeniui pajudinti iš vietos buvo naudojami du svertai: metalinis strypas ir tokių pat matmenų metalinis vamzdis. Ar vienodas šių svertų naudingumo koeficientas?

3. Sukant rankeną 100 N jėga, suktuvu keliamas 30 kg masės krovinys. Rankenos ilgis — 30 cm, veleno spindulys — 9 cm. Apskaičiuokite šio suktuvo naudingumo koeficientą.

4. Traukiant virvę 250 N jėga, kilnojamuoju skridiniu keliamas 40 kg masės krovinys. Koks skridinio naudingumo koeficientas?

5. 200 N jėga 80 kg masės kūnas traukiamas nuožulniąja plokštuma į 50 cm aukštį. Nuožulniosios plokštumos ilgis lygus 4 m. Apskaičiuokite tos plokštumos naudingumo koeficientą.

6. Kodėl kalnuose dažniausiai tiesiami serpantino (pranc. *serpent* — gyvatė) formos keliai?

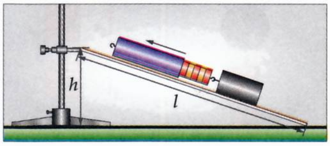
2-asis laboratorinis darbas. Nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficiento apskaičiavimas

Priemonės: 1) lenta; 2) dinamometras; 3) liniuotė arba centimetrinė juosta; 4) tašelis su vąšeliu dinamometrui prikabinti; 5) stovas su laikikliu.

Užduotis

Apskaičiuokite nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficientą.

Darbo eiga



8.25 pav.

a) Sumontuokite 8.25 paveiksle pavaizduotą įrenginį;

b) dinamometru išmatuokite tašelio svorį;

c) išmatuokite aukštį *h*, kuriame įtvirtintas viršutinis lentos galas;

d) apskaičiuokite darbą, kuris atliekamas vertikaliai keliant tašelį į aukštį *h*;

e) išmatuokite nuožulniosios plokštumos ilgį *l*;

f) tolygiai traukdami tašelį nuožulniąja plokštuma aukštyn, išmatuokite traukos jėgą;

g) apskaičiuokite darbą, kuris atliekamas keliant tašelį ilgio *l* nuožulniąja plokštuma;

h) apskaičiuokite nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficientą;

i) matavimo ir skaičiavimo rezultatus surašykite sąsiuvinyje.

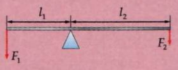
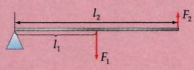
Užduotys ??

1. Kilnojamuoju skridiniu keliant krovinį į 2 m aukštį, atliekamas 2940 J darbas. Mechanizmo naudingumo koeficientas 60 %. Kokia krovinio masė?

2. Apledėjusio šlaito ilgis 20 m, aukštis 4 m. Koks darbas atliekamas traukiant šiuo šlaitu aukštyn 150 N svorio rogutes? Kokio didumo jėga reikia traukti rogutes? Trinties nepaisykite.

3. 1800 N svorio kūnas į 10,8 m aukštį 250 N jėga traukiamas nuožulniąja plokštuma, kurios ilgis lygus 97,2 m. Apskaičiuokite tos plokštumos naudingumo koeficientą.

Skyriaus „Paprastieji mechanizmai“ santrauka

Paprastieji mechanizmai	Darbui atlikti bei palengvinti žmonės nuo seno naudoja įvairius įrankius, prietaisus, kurie vadinami paprastaisiais mechanizmais.
Svertas	Svertu vadinamas kietasis kūnas, kuris jėgų veikiamas gali pasisukti apie atramos tašką.   Sverto taikymo pavyzdžiai: • svirtis, • svarstyklės, • suktuvas, • replės, • viniatraukis, • laužtuvas • žirklės, • naščiai.
Sverto taisyklė $F_1 l_1 = F_2 l_2$ $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$	Svertas yra pusiausviras tada, kai jį veikiančios jėgos atvirkščiai proporcingos jų pečiams.
Skridinys	Skridinys yra ant ašies užmautas nedidelis ratas su grioveliu virvei, lynui ar grandinei permesti. Skridinių rūšys: kilnojamasis skridinys, nekilnojamasis skridinys. Kilnojamuoju skridiniu: • laimima jėgos, • nelaimima darbo, • pralaimima kelio. Nekilnojamuoju skridiniu: • nelaimima jėgos, • nelaimima darbo, • keičiama jėgos kryptis.
Skrysčiai	Skrysčiai — krovinių kėlimo įrenginys, sudarytas iš kilnojamųjų ir nekilnojamųjų skridinių.
Nuožulnioji plokštuma $\frac{P}{F} = \frac{l}{h}$	Plokštuma, sudaranti smailųjį kampą su horizontu, vadinama nuožulniąja. Kroviniui pakelti nuožulniąja plokštuma reikia tiek kartų mažesnės jėgos, kiek kartų nuožulniąja plokštuma kūno nueitas kelias didesnis už to kūno pakilimo aukštį. Nuožulniosios plokštumos naudojamos sunkiems kroviniams kelti. Kaltai, pleištai, kirviai, peiliai, sraigtai, varžtai — tai vis nuožulniosios plokštumos.
Auksinė mechanikos taisyklė	Kiek kartų laimime jėgos, tiek kartų pralaimime kelio.
Naudingumo koeficientas $\eta = \frac{A_n}{A_v}$; $\eta = \frac{A_n}{A_v} \cdot 100\ \%$	Naudingojo ir viso atlikto darbo santykis vadinamas mechanizmo ar mašinos naudingumo koeficientu. Naudingumo koeficientas visada mažesnis už vienetą. Dažnai jis reiškiamas procentais.



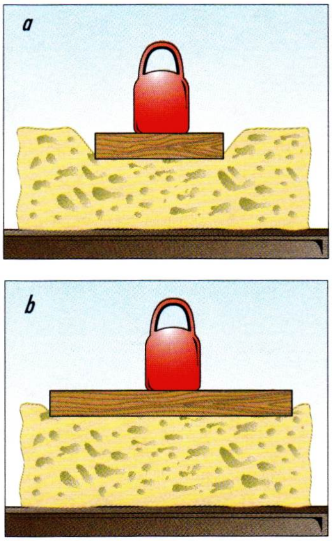


9 Slėgis

Šiame skyriuje susipažinsite su:
- slėgio sąvoka;
- slėgio perdavimu kietaisiais kūnais, skysčiais, dujomis;
- Paskalio dėsniu;
- skysčių stulpelio slėgiu;
- susisiekiančiaisiais indais: vandentiekiu, šliuzais;
- manometrais;
- hidrauliniu presu.

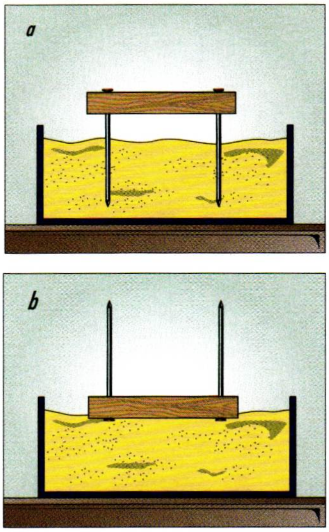
9.1. Kietųjų kūnų slėgis

Ne kartą esame girdėję žodžius „slėgis", „slegia". Pavyzdžiui, sakome „atmosferos slėgis kyla", „eglių šakas slegia sniegas", „sūrį slegia", „sąžinę slegia pikti darbai".



9.1 pav.

9.2 pav.



Jėgos poveikio, jos didumo ir veikiamo ploto sąryšis

Buityje žodis „slėgis" vartojamas daugeliu prasmių, o fizikoje — tik viena. Jis apibūdina kūną veikiančios jėgos ir jos veikiamo ploto sąryšį. Pamėginkime jį nustatyti bandymais.

1 bandymas. Ant porolono atraižos ar didelės kempinės padėkime nedidelę lentutę, o ant jos — sunkų svarstį (9.1 pav., *a*). Matome, kad dalis lentutės paniro porolone. Uždėjus dar vieną svarstį, lentutė nugrimzta giliau. Taigi jėgos poveikis priklauso nuo jos didumo.

Dabar tuo pačiu svarsčiu prispauskime prie porolono didesnę lentutę, kaip pavaizduota 9.1 paveiksle, *b*. Akivaizdu, kad ji nugrimzta mažiau nei pirmoji. Vadinasi, jėgos poveikis ir jos veikiamas plotas susiję vienas su kitu.

2 bandymas. Nedidelės stačiakampės lentutės kampuose įkalkime po vinį ir padėkime lentutę ant smėlio (9.2 pav., *a*). Vinys įsmigs į smėlį.

Ant lentutės uždėkime svarstį. Vinys įsmigs dar giliau.

Apverskime lentutę vinimis aukštyn ir vėl padėkime ją ant smėlio (9.2 pav., *b*). Šį kartą ji įsispaus negiliai. Ant lentutės padėtas svarstis ją nugramzdintų šiek tiek giliau.

Taigi dar kartą įsitikiname, kad jėgos poveikis, jos didumas ir veikiamas plotas tarpusavy susiję. Nustatykime matematinę šio sąryšio išraišką.

Slėgis

Dydis, kuris apibūdina jėgos poveikį pagal jos didumą ir veikiamą plotą, buvo pavadintas **slėgiù. Jis lygus jėgos ir jos statmenai veikiamo ploto santykiui:**

$$\text{slėgis} = \frac{\text{jėga}}{\text{plotas}}.$$

Pažymėję slėgį raide p, jėgą — F, plotą — S, gausime:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Kitaip tariant, skaitinė slėgio vertė lygi jėgai, veikiančiai vienetinį plotą.

Slẽgis yra fizikinis dydis, turintis savo matavimo vienetą *paskãlį* (žymimą Pa), pavadintą garsaus XVII a. prancūzų matematiko, fiziko ir filosofo Blezo Paskalio (*B. Pascal*, 1623—1662) pavarde:

$$[p] = \mathbf{1\,Pa} = \frac{\mathbf{1\,N}}{\mathbf{1\,m^2}}.$$

1 Pa — tai toks slėgis, kurį sukelia 1 N jėga, statmenai veikianti 1 m^2 plotą. Praktikoje, be šio pagrindinio slėgio vieneto, dar vartojami kartotiniai bei daliniai vienetai: *hektopaskãlis* (hPa), *kilopaskãlis* (kPa).

1 hPa = 100 Pa = 10^2 Pa

1 kPa = 1000 Pa = 10^3 Pa.

Slėgio reguliavimas

Iš slėgio apibrėžimo aišku: kai daiktą veikia nekintanti jėga, slėgis būna tuo didesnis, kuo mažesnis jos veikiamas plotas. Tuo remdamiesi galime paaiškinti, kodėl duriantys ir pjaunantys įrankiai daromi aštrūs. Juo smailesnė vinis, adata, yla, aštresnis peilis, kastuvas, juo lengviau su jais dirbti, nes ta pati jėga sukelia didesnį slėgį.

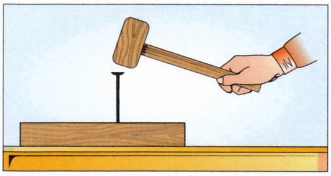
Padidindami veikiamą plotą, ta pačia jėga galime sukelti mažesnį slėgį. Dėl to didinamas pamatų apatinių dalių plotas, sunkvežimių ratai, traktorių vikšrai gaminami platūs (9.3 pav.) ir t. t.

9.3 pav.



Kad sumažėtų slėgis į ranką, koją, plaktuką, daugelis įrankių gaminami su rankena (peilis), pentimi (kastuvas, kirvis), galvute (vinis).

Pažiūrėkime, kaip skirtingo ploto vinies dalys sminga į medį.



9.4 pav.

3 bandymas. Pabandykime įkalti vinį į lentą mediniu plaktuku ar medine lentute (9.4 pav.). Kadangi veiksmo ir atoveikio jėgos yra lygios, tik priešingų krypčių (žr. 2.5 skyrelį), tai galima teigti, kad vienodo didumo jėga veikia lentutę, plaktuką ir vinį. Tačiau vinies smaigalys įsmigo giliai į lentą, o galvutė mediniame plaktuke ar lentutėje padarė tik nedidelę duobutę. Tai patvirtina, kad jėgos poveikio rezultatas priklauso ne tik nuo jos didumo, bet ir nuo ploto, kurį veikia jėga. Vinies galvutės plotas daug didesnis už smaigalio plotą.

Slėgio perdavimas kietaisiais kūnais

Kasdienė patirtis, darbas su įvairiais įrankiais (pjovimas peiliu, vielos galo nugnybimas replėmis, vinies kalimas) leidžia padaryti dar vieną svarbią išvadą: slėgis kietaisiais kūnais perduodamas jėgos veikimo kryptimi. Šį dėsningumą prisiminsime nagrinėdami slėgio perdavimą skysčiais ir dujomis.

Užduotys

1. Slėgio perdavimą kietaisiais kūnais paaiškinkite molekulinės sandaros požiūriu.

2. Technikoje kartais tenka slėgį padidinti, kartais — sumažinti. Pateikite pavyzdžių.

3. Kodėl kalame vinį smūgiuodami į jos galvutę statmenai?

4. Kodėl siuvant adata stumiama su antpirščiu?

5. Traukiant vinis iš tinkuotos sienos, po replėmis padedama geležinė plokštelė ar lentutė. Kodėl?

6. Kodėl ant sunkvežimių užpakalinės ašies dažnai užmaunami dvigubi ratai?

7. Kaip galima padvigubinti žmogaus slėgį į žemę?

8. Eidama ežero ledu, mergaitė įlūžo. Ar tinkamai elgiasi gelbėtojai, bandydami ją ištraukti taip, kaip pavaizduota 9.5 paveiksle, *a*, *b*?

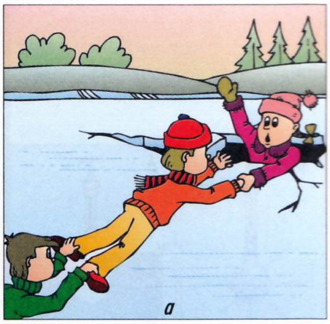
9. Berniukas veikia grindis 15 kPa slėgiu. Kaip suprantate šį pasakymą?

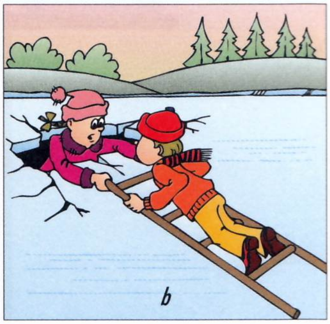
10. 600 N sverianti moteris remiasi į žemę batų padais, kurių bendras plotas lygus 0,04 m^2. Apskaičiuokite moters slėgį.

11. Siuvant adata stumiama 10 N jėga. Jos smaigalio plotas lygus 0,0001 mm^2. Koks yra adatos slėgis į audinį?

12. Dramblio masė — 4500 kg, o vienos jo kojos pado plotas — 1700 cm^2. Apskaičiuokite dramblio slėgį į žemę. Gautą atsakymą palyginkite su žmogaus slėgiu (žr. 10 užduotį).

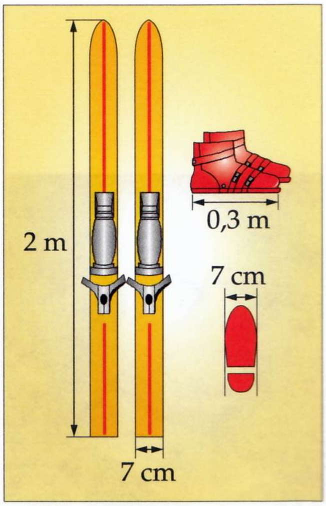
13. 9.6 paveiksle pateikti slidžių ir slidininko batų matmenys. Kiek kartų skiriasi slidininko slėgis į sniegą, kai jis stovi ant slidžių ir kai šalia jų?





9.5 pav.

9.6 pav.



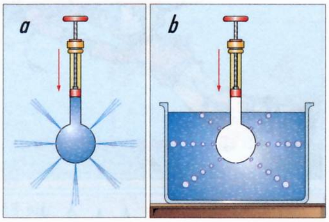
9.2. Skysčių ir dujų slėgis

Slėgio perdavimas skysčiais

Daugelyje fizikos uždavinynų galima aptikti tokį uždavinį: „Jei į atvirą vandens pripiltą indą šautume iš šono, tai indas subyrėtų į šipulius. Kodėl?“ Mat kulka, patekusi į vandenį, staiga padidina jo slėgį, kuris plinta visomis kryptimis. Dėl to indas ir subyra. Šitaip atsitiktų, jei inde būtų ir kitas skystis.

Slėgio perdavimą skysčiais galima paaiškinti jų sandara. Kietųjų kūnų dalelės stipriai traukia viena kitą, o skysčių — lengvai pasislenka viena kitos atžvilgiu. Dėl to kietieji kūnai jėgos poveikį perduoda jos veikimo kryptimi, o skysčiai — visomis kryptimis.

Slėgio perdavimą skysčiais pailiustruosime bandymu su Paskalio rutuliu. Taip vadinamas prietaisas, kurį sudaro tuščiaviduris rutulys su skylutėmis ir cilindras su stūmokliu.



9.7 pav.

1 bandymas. Į Paskalio rutulį pripilkime vandens ir palengva stumkime stūmoklį. Vanduo čiurkšlėmis trykš pro visas skylutes, o ne tik stūmoklio sukeliamos jėgos kryptimi (9.7 pav., *a*). Čiurkšlių ilgis visomis kryptimis bus apytiksliai vienodas. Vadinasi, visomis kryptimis perduodamas vienodo didumo slėgis.

Slėgio perdavimas dujomis

Dujų, kaip ir skysčių, dalelės yra paslankios, todėl ir jos perduoda slėgį į visas puses.

2 bandymas. Paskalio rutulį pripildykime dūmų ir spauskime juos stūmokliu. Pro skylutes ims veržtis dūmų srovelės. Jos rodo, kad ir dujos perduoda slėgį visomis kryptimis.

3 bandymas. Panardinkime Paskalio rutulį į stiklinį indą su vandeniu. Stumdami stūmoklį, galėsime stebėti, kaip pro rutulio skylutes į visas puses veržiasi oro burbuliukai. Jie taip pat patvirtina, kad dujomis slėgis perduodamas visomis kryptimis vienodai (9.7 pav., *b*).

Slėgio perdavimą dujomis patvirtina ir pripūstas krepšinio kamuolys, vaikiškas oro balionas.



BLEZAS PASKALIS (*B. Pascal*, 1623—1662) — prancūzų matematikas, fizikas, filosofas. Atrado vieną svarbiausių hidrostatikos dėsnių — Paskalio dėsnį. Eksperimentais įrodė, kad atmosfera slegia, ištyrė kai kurias svarbias skysčių bei dujų savybes. Jo pavarde pavadintas slėgio matavimo vienetas paskalis.

Paskalio dėsnis

Remdamasis daugybe stebėjimų, jau minėtas prancūzų mokslininkas B l e z a s P a s k a l i s suformulavo slėgio perdavimo skysčiais ir dujomis dėsnį, kuris buvo pavadintas jo pavarde. Šis dėsnis nusakomas taip:

skysčiai ir dujos perduoda išorinį slėgį visomis kryptimis vienodai.

Užduotys

1. Ar galioja Paskalio dėsnis kietiesiems kūnams?

2. Ar galioja Paskalio dėsnis orbitinėje kosminėje stotyje?

3. Paaiškinkite, kaip paimama iš tūbelės dantų pasta.

4. Kodėl sprogimas po vandeniu pavojingas vandens gyvūnams?

5. Į automobilį pakrautas sunkus krovinys. Ar pasikeitė slėgis automobilio padangose? Ar vienodas slėgis viršutinėje ir apatinėje jų dalyje?

6. Paaiškinkite, kodėl šiuolaikinių dviračių tuščiavidurės padangos pripumpuojamos oro. Kuo jos pranašesnės už 1916 metų kariškų dviračių spyruoklines padangas arba už gumines, neturinčias ertmės padangas?

7. Butelis iki pusės pripiltas vandens ir užkimštas kamščiu (9.8 pav.), kuriame įtaisytas vamzdelis. Stumiant kamštį gilyn, iš vamzdelio trykšta vanduo. Paaiškinkite šį reiškinį.

8. Jeigu iš mažo kalibro šautuvo šautume į virtą kiaušinį, jame liktų skylė, jei į žalią, jis ištikštų. Kodėl?

9. Kodėl povandeniniai laivai nukentėdavo nuo giluminių bombų net tada, kai jos sprogdavo toli nuo laivo?

10. Kodėl nuo patrankos šūvių išbyra netoli esančių gyvenamųjų namų langų stiklai?

11. Kodėl oro pripūstas popierinis maišelis nuo stipraus rankos smūgio su triukšmu sprogsta?

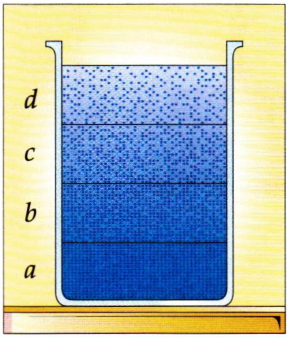
12. Leidžiant vaistus, medicininio švirkšto stūmoklis veikiamas 2 N jėga. Stūmoklio plotas — 1 cm^2, adatos angos plotas — 0,1 mm^2. Kokio didumo jėga švirkščiami vaistai?

13. Kodėl muilo burbulas yra rutulio formos?

9.8 pav.



9.3. Skysčių stulpelio slėgis



9.9 pav.

Iki šiol nagrinėjome skysčius, kuriuos veikia išorinės jėgos. Tačiau slėgis skysčiuose atsiranda ir dėl to, kad, anot Paskalio dėsnio, žemesnius sluoksnius spaudžia aukštesni. Inde esantį skystį mintyse suskaidykime sluoksniais (9.9 pav.). Apatinį sluoksnį *a* veikia sluoksnių *b*, *c* ir *d* svoris, sluoksnį *b* — sluoksnių *c* ir *d* svoris, sluoksnį *c* — sluoksnio *d* svoris.

Skysčio slėgis į indo dugną

Kietųjų kūnų slėgį apskaičiuodavome slėgimo jėgą dalydami iš jos veikiamo ploto. O kaip apskaičiuoti skysčių slėgį, atsirandantį dėl jų pačių svorio?

Pavyzdys. Į ritinio formos indą, kurio pagrindo plotas lygus S, įpilta vandens. Sakykime, kad jo masė yra m. Šio vandens slėgimo į indo dugną jėga lygi vandens svoriui. Ją galima apskaičiuoti pagal formulę $P = mg$. Tada skysčio slėgis į indo dugną bus lygus

$$p = \frac{P}{S}, \quad \text{arba} \quad p = \frac{mg}{S}.$$

Skysčio masė $m = \rho V$, o tūris $V = Sh$. Taigi skysčio stulpelio slėgis į indo dugną yra toks:

$$p = \frac{\rho Shg}{S}.$$

Suprastinę trupmeną, gauname:

$$p = \rho gh. \qquad (1)$$

Iš šios formulės matyti, kad *skysčio slėgis į indo dugną priklauso nuo skysčio stulpelio aukščio ir jo tankio, bet nepriklauso nuo indo dugno ploto* (slėgio formulėje nėra indo dugno ploto S).

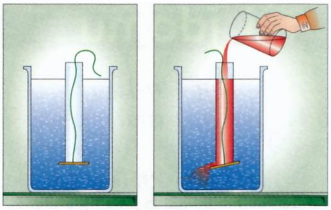
Tai įdomu!

• *Jūrų gelmėms tirti naudojami įvairūs aparatai: hidrostātai (gr.* hydor — *vanduo +* statos — *stovintis, nejudamas), batisfèros (gr.* bathys — *gilus +* + sphaira — *rutulys), batiskāfai (gr.* bathys — *gilus +* skaphos — *valtis).*

Skysčio slėgis įvairiame gylyje

Pagal (1) formulę galima apskaičiuoti skysčio slėgį ne tik į indo dugną, bet ir įvairiame gylyje h. Slėgio priklausomybę nuo skysčio stulpelio aukščio patvirtina toks bandymas.

Bandymas. Prie vieno siūlo galo pritvirtinkime skiautelę storesnio popieriaus, o kitą galą įleiskime į stiklinį vamzdelį. Popierius uždengs apatinį vamzdelio galą. Dabar panardinkime vamzdelį į indą su vandeniu (9.10 pav., *a*). Skiautelė popieriaus bus prigludusi prie vamzdelio galo, nes iš apačios ją spaus vanduo. Į vamzdelį pamažu pilkime nudažytą (kad geriau matytųsi) vandenį. Jis savo svoriu iš viršaus spaus skiautelę. Kai vandens lygis vamzdelyje ir inde pasidarys vienodas, skiautelė atsiplėš nuo vamzdelio dugno (9.10 pav., *b*), nes slėgimo jėga bus lygi jame esančio skysčio stulpelio svoriui.



9.10 pav.

9.11 pav.



Tai įdomu!

• *Hidrostatas — povandeninis aparatas, nuleidžiamas iš laivo lynu (9.11 pav.). Jis pasineria iki 300—600 m. Pirmasis hidrostatas pagamintas 1911 metais JAV.*

• *Batisfera — lynu nuleidžiama iš laivo tvirta plieninė rutulio formos kamera (9.12 pav.). Pirmąja batisfera 1892 metais italas* *B a l z a m e l i s* (Balsamello) *nusileido į 165 m gylį. 1949 metais amerikietis* *O t i s B a r t o n a s* (O. Barton) *pasiekė 1375 m gylį.*

• *Batiskafas — giliavandenis autonominis savaeigis aparatas, sudarytas iš korpuso plūduro, kurio didžioji dalis pripildyta lengvesnio už vandenį užpildo, ir rutulio formos plieninės gondolos.*

9.12 pav.



Tai įdomu!

• *Pirmąjį batiskafą 1948 metais pastatė šveicaras Ogiustas Pikaras* (A. Piccard). *1960 metais jo sūnus Žakas Pikaras* (J. Piccard) *ir amerikietis D. Volšas* (D. Walshas) *batiskafu „Triestas" nusileido į didžiausią Ramiojo vandenyno gelmę (apie 11 000 m) Marianų lovyje. 1995 metais į šią įdubą nusileido japonų sukurta mašina KAIKO, tačiau ji buvo prarasta. Šiuo metu JAV mokslininkai iš Woods Hole okeanografijos instituto kuria naują baterijų maitinamą povandeninį robotą, kuris leis tyrinėti iki 11 km gylyje esančias vandenyno vietas.*

• *Vienas tobuliausių pasaulyje povandeninių laivų-batinkofų — Woods Hole (JAV) įsikūrusiam Jūros gelmių tyrimo centrui priklausantis batiskafas „Alvinas". Jis yra 6 m ilgio ir su trimis įgulos nariais gali pasinerti beveik į 4 km gylį. Jam padeda specialus povandeninis robotas „Jasonas", galįs patekti ten, kur nepasiekia batiskafas. Būtent „Jasonas" pirmasis įėjo į nuskendusį „Titaniką" ir padarė ten visą pasaulį apkeliavusias nuotraukas.*

• *Apie 0,5 km gylyje jau visiškai tamsu.*

Bandymą pakartokime nardindami vamzdelį į nevienodą gylį. Rezultatas bus toks pat.

Didėjant gyliui, slėgis skystyje didėja. Į tai tenka atsižvelgti narams. Leisdamiesi į dideles gelmes, jie turi apsirengti specialius drabužius.

Užduotys ??

1. Kodėl daugiaaukščiams namams vandentiekio vamzdžiai gaminami storomis sienelėmis?

2. Giliavandenės žuvies, iškeltos į vandens paviršių, sprogsta pūslė. Kodėl?

3. Kaip kinta kylančio iš tvenkinio dugno į paviršių oro burbuliuko tūris?

4. Paaiškinkite 9.13 paveiksle pavaizduoto bandymo rezultatus.

5. Ar vanduo iš vonios pro dugno angą bėgs greičiau, kai į vonią panardinsime kokį nors daiktą?

6. Kodėl tame pačiame upės ir jūros gylyje slėgis yra nevienodas? Kur jis didesnis? Paaiškinkite.

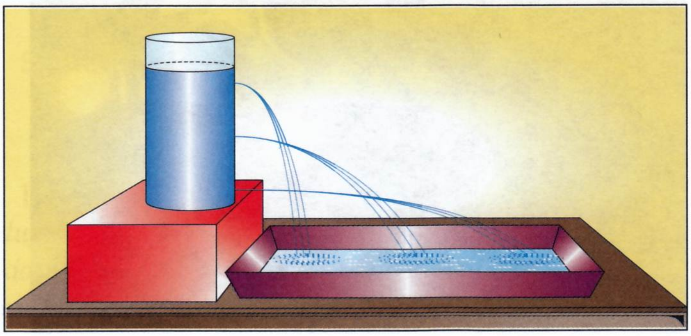
7. Į du skirtingo dydžio ritinio formos indus įpilta po tiek pat vandens. Ar vienoda jėga vanduo slegia indų dugną?

8. Kaip pasikeis slėgis į indo dugną, kai vandenį iš žemo ir plataus indo perpilsime į siaurą ir aukštą?

9. Apskaičiuokite vandens slėgį ežero 20 m gylyje.

10. Apskaičiuokite slėgį, kurį sukelia 6 cm aukščio gyvsidabrio stulpelis. Kokio aukščio alkoholio stulpelis slėgtų indo dugną tiek pat?

9.13 pav.



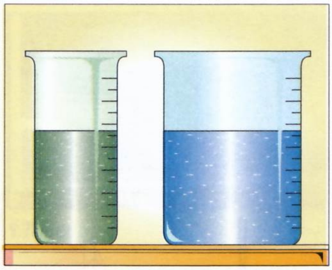
11. Apskaičiuokite slėgį Ramiojo vandenyno Marianų lovio dugne. Marianų lovio gylis — apie 11 km.

12. Mirties jūros vandens tankis lygus 1,2 kg/dm^3. Apskaičiuokite slėgį šios jūros 10 m gylyje.

13. Į vieną indą įpilta vandens, į kitą — žibalo. Skysčių lygis abiejuose induose toks pat (9.14 pav.). Ar vienodas skysčių slėgis į indo dugną?

14. 9.15 paveiksle parodytas senovinis bandymas. Ant vandens pripildytos pūslės, kuri sujungta su vertikaliu vamzdeliu, padedama lentutė, o ant jos atsistoja žmogus. Vanduo vamzdeliu pakyla į tam tikrą aukštį. Žmogaus svoris lygus 900 N, o lentutės, ant kurios jis stovi, plotas — 900 cm^2. Apskaičiuokite vandens stulpelio aukštį vamzdelyje.

15. Iš indo pro jo šone esančią angą trykšta vandens čiurkšlė. Kas atsitiks čiurkšlei, kai indas pradės laisvai kristi?



9.14 pav.



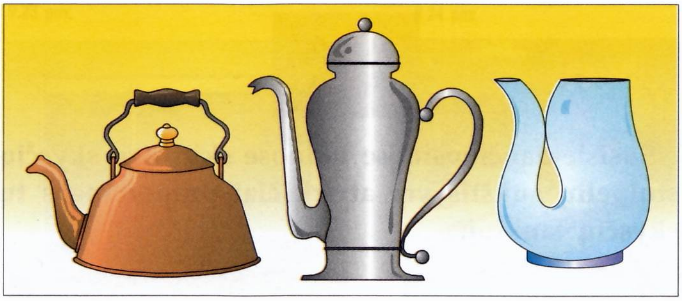
9.15 pav.

9.4. Susisiekiantieji indai

Įsižiūrėkime į arbatinuką, kavinuką ir indelį mineraliniam vandeniui gerti (9.16 pav.). Ar jie turi ką nors bendra?

Visuose juose galima įžvelgti tarpusavy susisiekiančius indus. Du arba keletas atvirų indų, kurių apatinės dalys sujungtos viena su kita, vadinami **susisiekiančiaisiais indais**. Skystis iš vieno indo gali perbėgti į kitą.

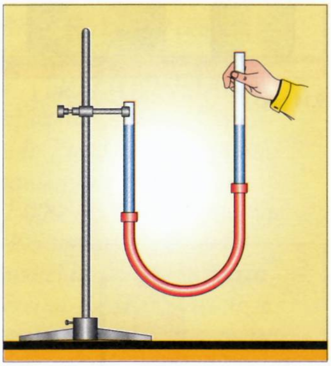
9.16 pav.



Vienalytis skystis susisiekiančiuosiuose induose

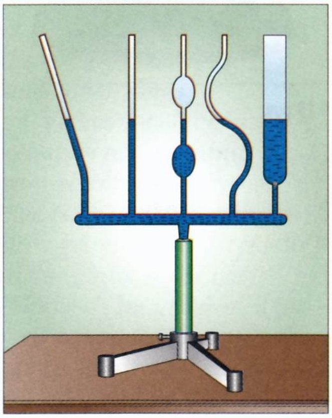
Atlikime bandymą ir pažiūrėkime, kaip juose nusistovi vienalytis skystis.

1 bandymas. Du stiklinius vamzdelius sujunkime gumine žarnele ir pripilkime vandens, kaip pavaizduota 9.17 paveiksle. Kad ir kaip kilnotume vamzdelius — aukštyn ar žemyn, — juose vandens lygis bus vienodas.



9.17 pav.

2 bandymas. 9.18 paveiksle parodytą stiklinį indą pripilkime vandens. Nesvarbu, kaip pakreipsime šį indą, vandens lygis visose jo atšakose bus vienodas.



9.18 pav.

Remdamiesi bandymais, galime suformuluoti tokią išvadą: **bet kurios formos susisiekiančiuosiuose induose nejudančio vienalyčio skysčio lygis yra vienodas.**

Žinome, kad skysčio stulpelio slėgis priklauso nuo stulpelio aukščio. Jei vienodas stulpelių aukštis, tai vienodas ir slėgis (9.19 pav., *a*).

Nevienodi skysčiai susisiekiančiuosiuose induose

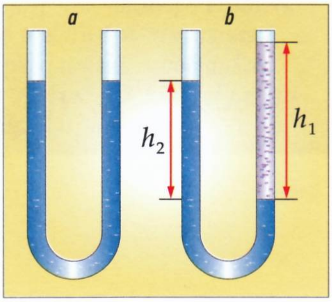
Dabar į susisiekiančiųjų indų atšakas pripilkime skirtingo tankio (ρ_1 ir ρ_2) skysčių. Matysime kitokį vaizdą (9.19 pav., *b*). Žemesnis skysčio stulpelis (jo aukštis h_2) atsveria aukštesnį stulpelį (h_1). Vadinasi, tų stulpelių slėgis yra vienodas:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2.$$

Iš čia

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

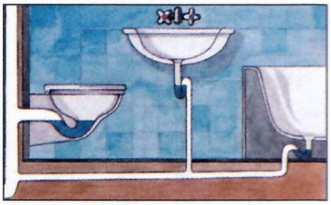
9.19 pav.



Susisiekiančiuosiuose induose skirtingų skysčių stulpelių aukštis yra atvirkščiai proporcingas tų skysčių tankiui.

Taikymas praktikoje

Susisiekiančiųjų indų principas plačiai taikomas buityje ir technikoje: laistytuvai, kavinukai bei arbatinukai gaminami su snapeliais; su dideliu vandens rezervuaru sujungę stiklinį vamzdelį, galime kontroliuoti vandens lygį; kanalizacijos sistemoje susisiekiantieji indai (išlenkta ir vandens pripildyta vamzdžio dalis) trukdo smarvei patekti į kambarį (9.20 pav.). Šiuo principu pagrįstas šliuzų ir vandentiekio veikimas. Plačiau apie tai kalbėsime kitame skyrelyje.



9.20 pav.

Užduotys

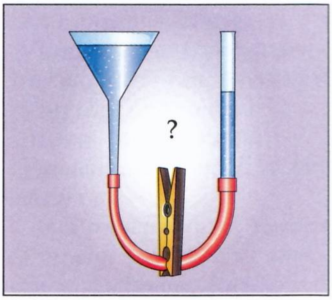
1. Du indai sujungti suspausta per vidurį žarnele ir pripilti vandens (9.21 pav.). Kas atsitiks, kai atleisime spaustuką?

2. Tašku *A* pažymėtas vandens lygis susisiekiančiuosiuose induose (9.22 pav.). Persibraižykite brėžinį ir pažymėkite vandens lygį abiejose atšakose.

3. Ar galima 9.23 paveiksle pavaizduotą indą vadinti susisiekiančiaisiais indais?

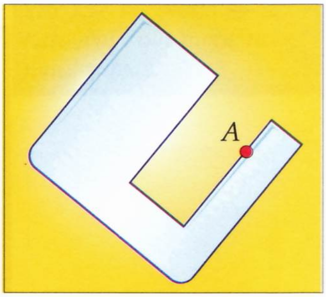
4. Valties dugne yra skylė. Kodėl pro ją į valtį sunkiasi vanduo? Ar galima tokią valtį ir ežerą laikyti susisiekiančiaisiais indais (9.24 pav.)? Ar galima sustabdyti vandens skverbimąsi į valtį, turint tik vamzdelį, kurio skersmuo lygus skylės skersmeniui?

5. Indą sudaro trys sujungtos atšakos. Į vieną įpilta vandens, į antrą — žibalo, į trečią — gyvsidabrio. Ar vienodas skysčių lygis atšakose? Nusibraižykite brėžinį.

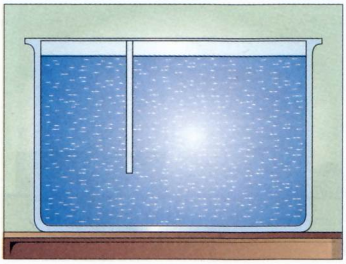


9.21 pav.

9.22 pav.

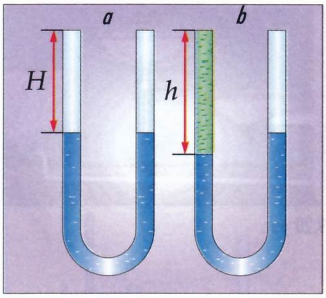


9.23 pav.



9.24 pav.





9.25 pav.

6. Du cilindrai — vieno skerspjūvio plotas $S_1 = 100$ cm², o kito $S_2 = 150$ cm² — sujungti vamzdeliu, kuriame yra čiaupas. Pirmame cilindre vandens stulpelio aukštis $h_1 = 80$ cm, antrame $h_2 =$ $= 40$ cm. Koks bus vandens stulpelių aukštis vamzdeliuose, atidarius čiaupą?

7. Susisiekiančiuosiuose induose 17,2 cm aukščio vandens stulpelis atsveria 20 cm aukščio dyzelinių degalų stulpelį. Koks yra dyzelinių degalų tankis?

8. Į susisiekiančiuosius indus pripilama tiek vandens, kad nuo jo paviršiaus iki indų viršaus būtų $H = 30$ cm (9.25 pav., *a*). Po to kairioji atšaka iki viršaus pripilama žibalo (9.25 pav., *b*). Apskaičiuokite žibalo stulpelio aukštį h.

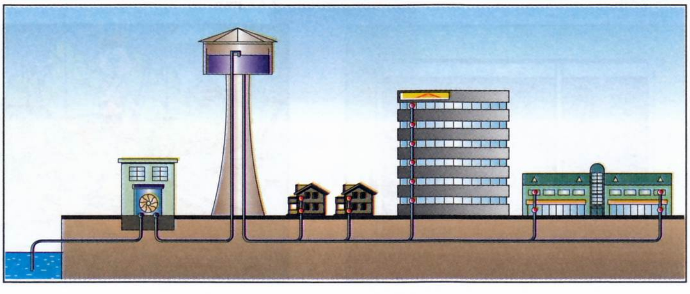
9.5. Vandentiekis. Šliuzai

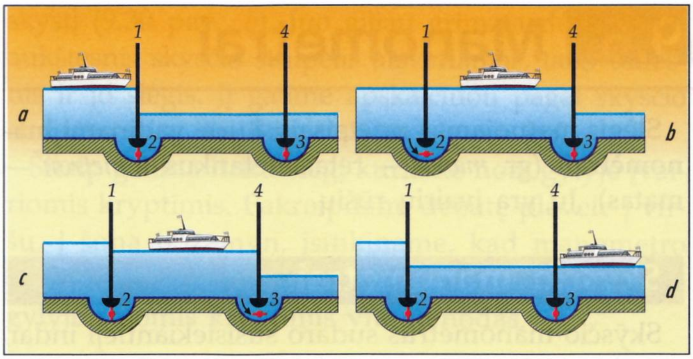
Susisiekiančiųjų indų principu mažuose miestuose įrengiami vandentiekiai (9.26 pav.). Siurbliais iš šulinių ar kitų vandens telkinių vanduo pakeliamas į vandentiekio bokštą. Iš jo vartotojams nutiesiami vamzdžiai, kurie baigiasi čiaupais. Vandens lygis bokšte turi būti aukščiau už jo lygį bet kurio vartotojo čiaupuose.

Upėse ir kanaluose susisiekiančiųjų indų principu įrengiami **šliùzai** (ol. *sluis* — sulaikau, atskiriu). Jie be kranų ir siurblių padeda pakelti arba nuleisti laivus iš vieno vandens lygio į kitą (9.27 pav.).

Kai nuleidžiamas laivas patenka į aukštutinį šliuzo kanalą, prie aukštutinių vartų *1* (9.27 pav., *a*), atidaromas aukštutinis vandens įtekėjimo vamzdis

9.26 pav.





9.27 pav.

2 (9.27 pav., *b*) ir laivas įplaukia į vadinamąją šliuzo kamerą. Tada šie vartai ir aukštutinis vandens įtekėjimo vamzdis 2 uždaromi, o atidaromas žemutinis vandens ištekėjimo vamzdis *3* (9.27 pav., *c*). Šliuzo kameroje leidžiasi vandens lygis, o kartu su juo ir laivas. Kai šis pro žemutinius vartus *4* išplaukia iš kameros, vamzdis *3* uždaromas (9.27 pav., *d*).

Laivą perplukdant priešinga kryptimi, t. y. iš žemesnio vandens lygio į aukštesnį, atidaromi žemutiniai vartai *4*. Pro juos laivas įplaukia į šliuzo kamerą ir ištekėjimo vamzdis *3* uždaromas. Kamera prileidžiama vandens iki aukštesniojo lygio. Atidaromi aukštutiniai vartai *1* ir laivas išplaukia iš kameros.

Užduotys ???

1. Kodėl kartais viršutiniuose namo aukštuose iš čiaupų vanduo neteka, o apatiniuose teka?

2. Vandentiekio bokšto aukštis lygus 15 m. Apskaičiuokite slėgį vandens čiaupe, kuris yra 6 m aukščiau už vandentiekio bokšto pagrindą.

3. Kokio didumo slėgį turi sukelti siurblys, kad pakeltų vandenį į 60 m aukštį?

4. 300 kPa slėgiu veikiantis siurblys kelia vandenį į vandentiekio bokštą. Kaip aukštai pakyla vanduo?

5. Vandentiekio bokšto papėdėje įtaisytas slėgio matavimo prietaisas rodo 240 kPa. Koks yra vandens lygio aukštis bokšte?

6. Ar galioja susisiekiančiųjų indų dėsnis erdvėlaivyje?

7. Ar Mėnulyje susisiekiančiųjų indų skysčio lygis bus vienodas?

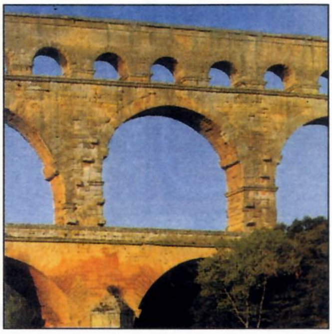
Tai įdomu !

• *Vandentiekių būta jau Senovės Egipte, Romoje (9.28 pav.). Vakarų Europoje vandentiekiai atsirado daug vėliau: Paryžiuje — XII amžiuje, Londone — XIII amžiuje, Vokietijos miestuose — apie XV amžių.*

• *Lietuvoje seniausias yra Vilniaus vandentiekis. Jis pradėtas rengti 1501 metais. XVI amžiaus pabaigoje Vilniuje veikė trys vandentiekiai, kurie ėmė vandenį iš Vingrių, Žiupronių ir Aušros vartų versmių. Vandentiekio vamzdžiai buvo mediniai.*

• *Pirmieji šliuzai Vakarų Europoje įrengti XVI amžiuje. Lietuvoje, Kuršių marias su Minija jungiančiame Klaipėdos kanale, yra Lankupių šliuzas, įrengtas 1873 metais. Jo kameros ilgis yra 157 m, plotis — 25 m. Laivybai šiuo metu nebenaudojamas.*

9.28 pav.



9.6. Manometrai

Tai įdomu!

• *Skysčio manometrais galima išmatuoti slėgį nuo 0,1 Pa iki 0,25 MPa, spyruokliniais — iki 1000 MPa, membraniniais — iki 250 MPa.*

• *Idėją panaudoti skystį slėgiui matuoti 1640 metais iškėlė italų fizikas ir matematikas Evandželista Toričelis* (E. Torricelli). *Pirmąjį gyvsidabrio manometrą 1642 metais pagamino italas Vinčensas Vivianis* (V. Viviani). *Vokietis R. Šincas* (R. Schinz) *1846 metais aprašė, kaip slėgį matuoti tampriu plonasieniu kūnu. 1848 metais prancūzas Eugenijus Burdonas* (E. Bourdon) *pasiūlė matuoti slėgį tampria vamzdeline spyruokle (Burdono vamzdeliu).*

Slėgis matuojamas prietaisais, kurie vadinami **manomètrais** (gr. *manos* — retas, netankus + *metron* — matas). Jų yra įvairių rūšių.

Skysčio manometrai

Skỹsčio manometrùs sudaro susisiekiantieji indai, pripildyti skysčio — vandens, gyvsidabrio, alkoholio.

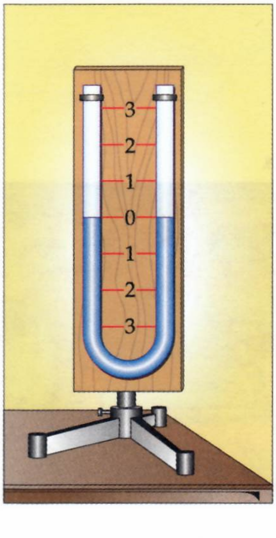
Fizikos kabinetuose naudojamas skysčio manometras — tai lenktas stiklinis vamzdelis, pritvirtintas prie stove įtaisytos skalės (9.29 pav.). Į vamzdelį iki nulinės padalos pripilta vandens (kad geriau matytųsi, nudažyto). Bandymu parodysime, kaip veikia toks manometras.

Bandymas. Nedidelės dėžutės viršų uždenkime plona gumine plėvele ir dėžutę sujunkime žarnele su viena manometro atšaka. Paspaudę plėvelę pirštu, matome, kad su dėžute sujungtoje manometro atšakoje vanduo nuslūgsta, o kitoje atšakoje pakyla.

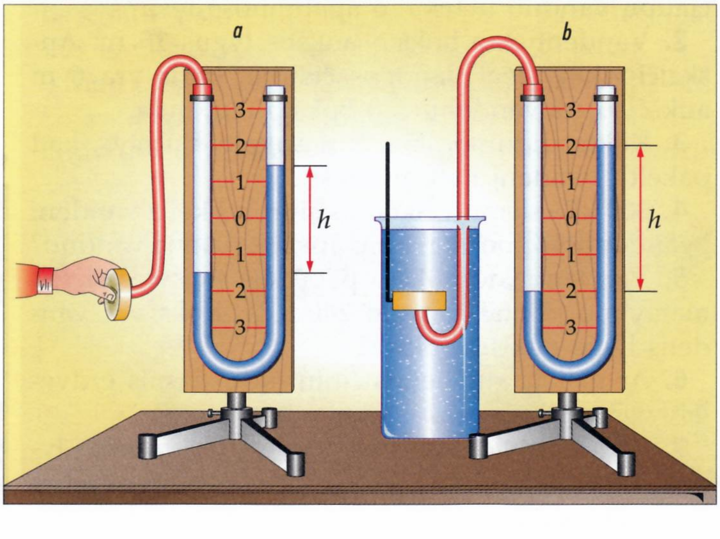
Apie slėgio didumą sprendžiame iš vandens stulpelio aukščio *h* (9.30 pav., *a*).

Jei norime sužinoti slėgį kurio nors skysčio viduje, su manometru sujungtą dėžutę panardiname į tą

9.29 pav.



9.30 pav.



skystį (9.30 pav., *b*). Juo giliau grimzta dėžutė, juo aukštesnis skysčio stulpelis atsveriamas, taigi didesnis ir jo slėgis. Jį galime apskaičiuoti pagal skysčio stulpelio slėgį išreiškiančią formulę $p = \rho g h$.

Šitaip galima ištirti slėgį kuriame nors gylyje įvairiomis kryptimis. Pakreipdami dėžutę plėvele į viršų, į šoną ir žemyn, įsitikiname, kad manometro rodmuo nesikeičia, vadinasi, slėgis tame pačiame gylyje visomis kryptimis yra vienodas.

Deformaciniai manometrai

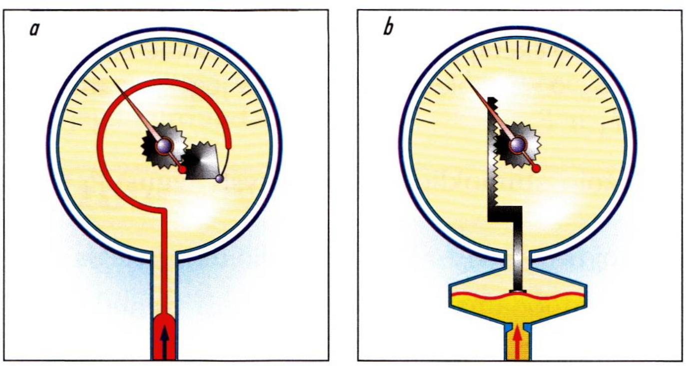
Prie deformãcinių manomètrų priskiriami spyruõkliniai ir membrãniniai manomètrai.

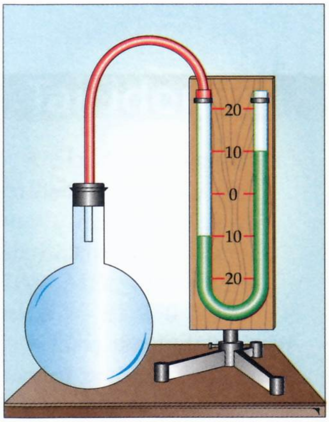
Pagrindinė spyruoklinio manometro dalis yra lenktas metalinis vamzdelis. Uždarasis jo galas dantračiais sujungtas su rodykle (9.31 pav., *a*), atvirasis — su indu, kuriame matuojamas slėgis. Slėgiui didėjant, vamzdelis išsitiesia ir kartu pasuka rodyklę, kuri skalėje parodo slėgį. Kai slėgis sumažėja, vamzdelis grįžta į pradinę padėtį, o rodyklė — prie skalės nulinės padalos.

Pagrindinė membraninio (lot. *membrana* — žievelė, plėvelė) manometro dalis yra banguota membrana (9.31 pav., *b*). Kintant slėgiui, ji išlinksta. Šis judesys perduodamas su membrana dantračiais sujungtai rodyklei, kuri manometro skalėje rodo slėgį.

Yra ir kitokių konstrukcijų manometrų — stūmoklinių, elektrinių.

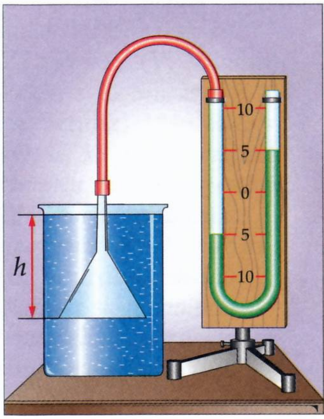
9.31 pav.





9.32 pav.

9.33 pav.



Užduotys

1. Kuris skysčio manometras — vandens ar gyvsidabrio — jautresnis?

2. Vienas manometras pripildytas alkoholio, kitas — gyvsidabrio. Kuriuo manometru galima išmatuoti didesnį slėgį?

3. Kokio didumo slėgį rodo gyvsidabrio manometras (9.32 pav.)?

4. Pagal manometro rodmenį (9.33 pav.) apskaičiuokite, į kokį gylį h panardintas piltuvėlis.

5. Matavimo cilindro aukštis lygus 40 cm. Pusė cilindro pripilta vandens, kita pusė — žibalo. Apskaičiuokite skysčių slėgį į indo dugną.

6. Povandeninis laivas paniręs į 100 m gylį. Apskaičiuokite vandens slėgį ir slėgimo jėgą į jo langą, kurio plotas 0,05 m^2.

9.7. Hidraulinis presas

Hidraulinis presas

Skysčių savybe perduoti slėgį vienodai visomis kryptimis pagrįstas **hidráulinių prèsų** veikimas (gr. *hydraulikos* — vandeninis + lot. *presso* — slegiu).

9.34 paveiksle, *a*, pavaizduotas hidraulinis presas, o 9.34 paveiksle, *b* — jo schema. Presą sudaro du nevienodo skerspjūvio ploto cilindrai, kuriuose gali judėti stūmokliai. Cilindrai sujungti vamzdeliu ir pripildyti skysčio (dažniausiai alyvos). Mažojo stūmoklio skerspjūvio plotą pažymėkime S_1, didžiojo — S_2, o stūmoklius veikiančias jėgas — atitinkamai F_1 ir F_2.

Mažojo stūmoklio slėgis į skystį lygus $p_1 = \frac{F_1}{S_1}$, didžiojo — $p_2 = \frac{F_2}{S_2}$. Pagal Paskalio dėsnį, slėgis skystyje perduodamas visomis kryptimis vienodai. Taigi mažąjį stūmoklį veikiančios jėgos F_1 sukeltas

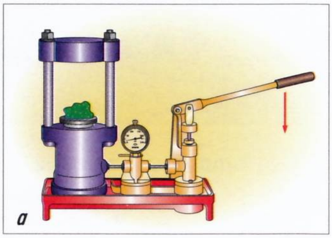
slėgis p_1 turi būti lygus didįjį stūmoklį veikiančios jėgos sukeltam slėgiui p_2, t. y.

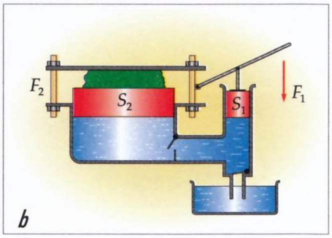
$$\frac{F_1}{S_1}=\frac{F_2}{S_2}, \quad \text{arba} \quad \frac{S_1}{S_2}=\frac{F_1}{F_2}.$$

Matome, kad *stūmoklius veikiančios jėgos yra tiesiogiai proporcingos jų plotams.* Kiek kartų didžiojo stūmoklio skerspjūvio plotas yra didesnis už mažojo stūmoklio skerspjūvio plotą, tiek kartų didesnė jėga veikia didįjį stūmoklį.

Hidrauliniu presu maža jėga galima atsverti didelę jėgą. Tačiau juo darbo nelaimima. Mažasis stūmoklis nueina tiek kartų ilgesnį kelią, kiek kartų jį veikianti jėga mažesnė už didžiojo stūmoklio sukeliamą jėgą.

Hidrauliniai presai gali sukelti iki 1000 MN jėgą. Jie daug galingesni ir ekonomiškesni už kitais principais veikiančius presus. Naudojami daugiausia metalams apdirbti, birioms medžiagoms briketuoti (pranc. *briquette* kilęs iš *brique* — plyta), detalėms standžiai sujungti, aliejui ir sultims spausti. Primityvūs, mažos galios hidrauliniai presai aliejų spaudyklose pradėti naudoti XVIII amžiaus pabaigoje.



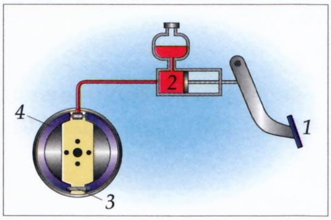


9.34 pav.

Hidraulinis stabdys

Slėgio perdavimu skysčiais pagrįstas automobilių **hidráulinio stábdžio** veikimas. Jo schema parodyta 9.35 paveiksle. Spaudžiant pedalą *1*, pagrindiniame cilindre 2 stūmokliu sukuriamas slėgis. Jis stabdžių skysčiu perduodamas į cilindrus *3*, kurių stūmokliai veikia stabdžių būgnus *4*.

Tokie stabdžiai visus ratus stabdo vienodai. Ne visuomet šitaip veikia stabdžiai, kuriuose stabdymo jėga perduodama lynais.



9.35 pav.

Užduotys

1. Ar galima hidrauliniu presu laimėti darbo?

2. Ar skirtųsi į Mėnulį perkelto hidraulinio preso veikimas?

3. Mažąjį hidraulinio preso stūmoklį, kurio plotas $S_1 = 0{,}001\ m^2$, veikia jėga $F_1 = 20$ N. Kokio didumo jėga ir slėgis veikia didįjį stūmoklį, kurio plotas $S_2 = 0{,}1\ m^2$?

4. Hidraulinio preso didžiojo stūmoklio plotas lygus 1000 cm², mažojo — 25 cm². Mažojo stūmoklio eiga yra 20 cm. Kiek kartų turi pasislinkti mažasis stūmoklis, kad didysis pakiltų 10 cm?

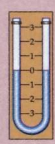
5. Hidraulinės mašinos stūmoklių plotai lygūs S_1 ir S_2, juos veikiančios jėgos — atitinkamai F_1 ir F_2. Užbaikite pildyti lentelę:

S_1	S_2	F_1	F_2
480 cm²	24 cm²		180 N
240 cm²	12 cm²	1800 N	
500 cm²		40 000 N	400 N
0,02 m²	0,004 m²		

6. Koks turi būti hidraulinio preso stūmoklių plotų santykis, kad, 100 N jėga spaudžiant mažąjį stūmoklį, didįjį veiktų 1,5 kN jėga?

7. 80 cm² ploto didysis hidraulinio preso stūmoklis kelia 400 kg krovinį, kai mažąjį veikia 150 N jėga. Koks mažojo stūmoklio plotas?

Skyriaus „Slėgis" santrauka

Slėgis $p = \frac{F}{S}$ $[p] = 1\ \text{Pa} = 1\ \text{N/m}^2$	Fizikinis dydis, lygus jėgos ir jos statmenai veikiamo ploto santykiui, vadinamas slėgiu. Skaitinė slėgio vertė lygi jėgai, veikiančiai vienetinį plotą. 1 Pa — tai toks slėgis, kurį sukelia 1 N jėga, statmenai veikianti 1 m² plotą. Slėgis matuojamas manometrais.
Manometrai	Manometrų rūšys Skysčio manometras:  Deformaciniai manometrai: spyruoklinis  membraninis  Slėgį didina: vinis, yla, peilis, kastuvas, ... Slėgį mažina: namų pamatai, traktorių vikšrai, slidės, sunkvežimių ratai, ...
Paskalio dėsnis $\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$	Skysčiai ir dujos perduoda išorinį slėgį visomis kryptimis vienodai. Paskalio dėsniu pagrįstas hidraulinio preso ir hidraulinio stabdžio veikimas. Hidraulinio preso stūmoklius veikiančios jėgos yra tiesiogiai proporcingos jų plotams.
Skysčio stulpelio slėgis $p = \rho g h$	Skysčio slėgis į indo dugną priklauso nuo skysčio stulpelio aukščio ir skysčio tankio, bet nepriklauso nuo indo dugno ploto.
Susisiekiantieji indai $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$	Du arba keletas atvirų indų, kurių apatinės dalys sujungtos viena su kita, vadinami susisiekiančiaisiais indais. Skystis gali tekėti iš vieno indo į kitą. Susisiekiančiuosiuose induose skirtingų skysčių stulpelių aukštis atvirkščiai proporcingas tų skysčių tankiui. Susisiekiančiųjų indų veikimo principas taikomas vandentiekyje, šliuzuose, skysčių lygio matuokliuose, laistytuvuose, kavinukuose ir pan.



10 Atmosfera

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- atmosferos sąvoka;
- atmosferos slėgio sąvoka;
- normaliojo atmosferos slėgio sąvoka;
- barometrais: aneroidu, gyvsidabrio barometru;
- atmosferos slėgio taikymu: sifone, pipetėje, siurbliuose.

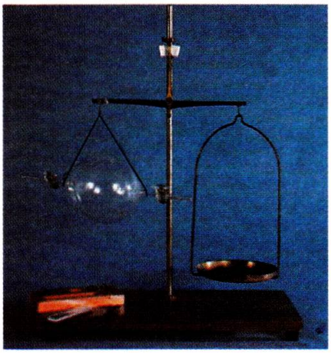
10.1. Atmosferos samprata

Žemę gaubiantis oro sluoksnis vadinamas **atmosferà** (gr. *atmos* — garai + *sphaira* — rutulys). Apie ją jau girdėjote per geografijos, gamtos pažinimo, chemijos pamokas. Tačiau mums, gyvenantiems šio „oro vandenyno" dugne, rūpi ir tos atmosferos savybės, kurias nagrinėja fizika.

Atmosferos masė

Atmosfera turi nepaprastai didelę masę — apie $5{,}15 \cdot 10^{15}$ t. Jei atmosferą sudarytų oras, kurio tankis yra apie 1,3 kg/m^3, ir ji būtų homogeniška (gr. *homogenes* — vienodas, vienalytis), tai Žemę suptų vos 8 km storio oro sluoksnis.

Orą sudarančių dujų (azoto, deguonies, argono, anglies dioksido ir kt.) molekules traukia Žemė. Dėl to oras turi svorį, kuris slegia mus ir visa, kas yra Žemės paviršiuje.



10.1 pav.

Bandymas. Paimkime specialų 1 l talpos rutulį ir išsiurbkime iš jo orą. Užsukę čiaupą, padėkime rutulį ant jautrių svarstyklių lėkštės ir svarsčiais jas išlyginkime (10.1 pav.). Dabar atsukime čiaupą. Į rutulį vėl prieis oro, ir svarstyklių pusiausvyra sutriks — lėkštė su svarsčiais pakils į viršų. Pusiausvyrai atstatyti papildomai uždėkime svarsčių, kurių masė ir bus lygi rutulyje esančio oro masei.

Tikslūs bandymai rodo, kad 1 l oro masė lygi 1,29 g. Taigi 1 l oro svoris

$$P = mg = 0{,}00129 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 0{,}0129 \text{ N}.$$

P a s t a b a. Atliekant šį bandymą, saugumo sumetimais visą laiką rutulį reikia laikyti audekliniame maišelyje.

Atmosferos tankis

Žinodami 1 l oro masę, galime apskaičiuoti jo tankį:

$$\rho = \frac{m}{V};$$

$$\rho = \frac{1{,}29 \text{ g}}{1 \text{ l}} = \frac{1{,}29 \text{ g}}{10^3 \text{ cm}^3} = 0{,}00129 \text{ g/cm}^3 = 1{,}29 \text{ kg/m}^3.$$

Oro tankis įvairiame aukštyje nevienodas. Tankiausi atmosferos sluoksniai yra prie Žemės paviršiaus; kylant aukštyn, oro tankis mažėja, mat viršutiniai sluoksniai mažiau slegiami negu apatiniai. 5 km aukštyje jis beveik perpus, o 11 km aukštyje — net 4 kartus mažesnis negu Žemės paviršiuje. Oro tankis priklauso ir nuo temperatūros.

Užduotys ??

1. Ramiai kvėpuodamas, suaugęs žmogus per 1 min įtraukia 8 l oro, o didelio fizinio krūvio veikiamas — 40 l. Kiek oro per 1 h įkvepia žmogus abiem atvejais?

2. 16 l 100 °C temperatūros sauso oro sveria 15,2 g. Apskaičiuokite to oro tankį.

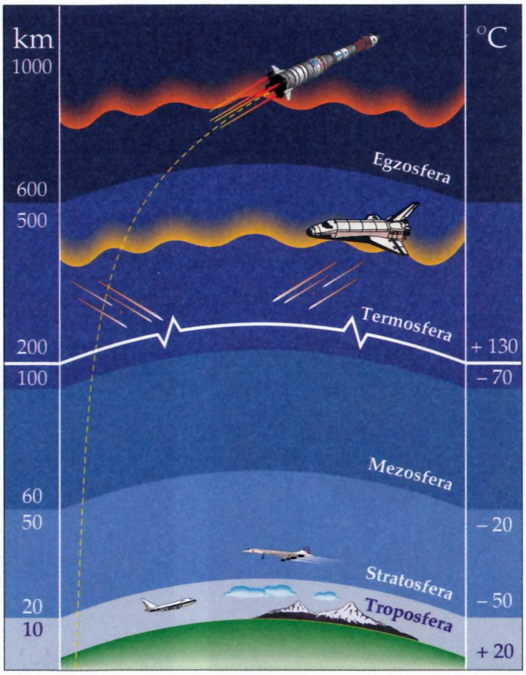
3. Kiek sveria kambario, kurio matmenys 4 m × × 3 m × 2,5 m, oras?

4. Koks yra 1 kg oro tūris normaliomis sąlygomis?

5. Prie dubenėlio su vandeniu dugno pritvirtinta deganti žvakė. Kodėl apvožta stikline žvakė gęsta, o vandens lygis stiklinėje pakyla?

6. Giliai įkvėpus, į suaugusio žmogaus plaučius patenka apie 4000 cm^3 oro. Kiek sveria šis oras?

10.2 pav.



Tai įdomu !!

• *Atmosferą galima suskirstyti į keletą sluoksnių (10.2 pav.). Viršutinė troposferos riba nutolusi nuo Žemės paviršiaus 8—17 km. Joje yra daugiau kaip 3/4 Žemę supančio oro, vyksta orus lemiantys procesai. Už troposferos, maždaug 50—55 km aukštyje, yra viršutinė stratosferos riba. Stratosferą gaubia maždaug 30 km storio mezosferos sluoksnis, pereinantis į termosferą ir egzosferą. Griežtos viršutinės ribos atmosfera neturi.*

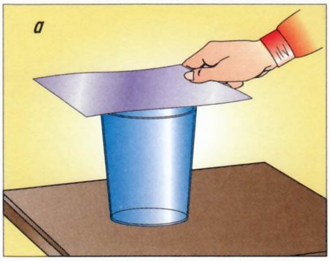
10.2. Atmosferos slėgis

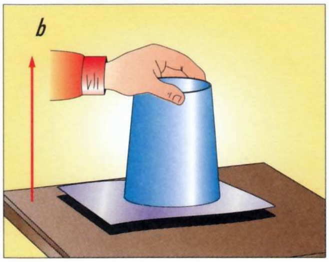
Atmosferos slėgio įrodymai

Atmosfèros slė̃gio egzistavimą patvirtina bandymai.

1 bandymas. Pripilkime sklidinai stiklinę vandens ir uždenkime ją popieriaus lapu (10.3 pav., *a*). Tada, prilaikydami popierių, stiklinę apverskime ir ranką atitraukime. Matome, kad popierius nenukrinta (10.3 pav., *b*). Jį spaudžia prie stiklinės atmosferos slėgis.

2 bandymas. Magdeburgo pusrutulius (plačiau apie juos skaitykite šio skyrelio intarpe „Tai įdomu") iš pradžių suglauskime, paskui atitraukime vieną nuo kito. Jie nesunkiai persiskirs. Dabar iš suglaustų pusrutulių išsiurbkime orą ir prikabinkime juos prie stovo. Šį kartą pusrutuliai nepersiskirs net sunkaus pasvaro traukiami vienas nuo kito (10.4 pav.). Ir čia juos „sulipdo" atmosferos slėgis.





10.3 pav.

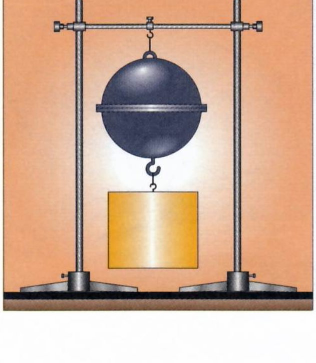
Tai įdomu

• *Įdomūs bandymai atmosferos slėgiui įrodyti XVII amžiuje buvo atlikti Magdeburge (Vokietija). Šio miesto burmistras Otas fon Gėrikė* (O. von Guericke) *pripylė statinę vandens ir mėgino jį siurbliu ištraukti iš statinės, sukurdamas joje tuščią erdvę. Deja, statinė subyrėjo. Pakartojęs bandymą, Gėrikė gavo tą patį rezultatą. Tada jis statinę pakeitė tuščiaviduriu variniu rutuliu. Ir vėl atsitiko tas pats. Gėrikė šį eksperimentą nusakė taip: „Staiga, visų siaubui, rutulys su baisiu triukšmu suskilo į mažus gabaliukus, lyg būtų numestas nuo aukščiausio bokšto".*

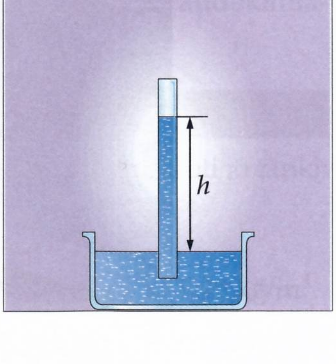
Atmosferos slėgio matavimas

Išnagrinėkime istorinį italų fiziko ir matematiko Evandželistos Toričelio bandymą. 1 m ilgio stiklinis vamzdelis, kurio vienas galas užlydytas, pripilamas gyvsidabrio. Uždengus atvirąjį galą, vamzdelis apverčiamas ir panardinamas į platų indą su gyvsidabriu (10.5 pav.). Dalis gyvsidabrio iš vamzdelio išbėga į indą, o vamzdelyje lieka apie

10.4 pav.



10.5 pav.



760 mm aukščio gyvsidabrio stulpelis. Virš jo susidaro beorė erdvė.

Šį bandymą galima paaiškinti taip: atmosferos slėgis į inde esančio gyvsidabrio atvirą paviršių atsveria vamzdelyje likusio gyvsidabrio stulpelio slėgį. Skysčio stulpelio slėgį mokame apskaičiuoti, taigi galime sužinoti ir atmosferos slėgį. Gyvsidabrio stulpelio slėgis lygus

$$p = \rho g h.$$

Įrašę skaitines dydžių vertes, gauname:

$$p = 13\,600\ \text{kg/m}^3 \cdot 9{,}8\ \text{m/s}^2 \cdot 0{,}76\ \text{m} = 101\,292{,}8\ \text{Pa} = 101\,300\ \text{Pa} = 1013\ \text{hPa}.$$

Dabar tikriausiai aišku, kodėl kai kada sakoma, pavyzdžiui, taip: „Šiandien atmosferos slėgis yra 750 mm gyvsidabrio stulpelio". Vadinasi, tą dieną atmosferos slėgis atsveria 750 mm aukščio gyvsidabrio stulpelio slėgį. Sužinojome dar vieną slėgio matavimo vienetą — *gývsidabrio stulpẽlio milimètrą*. Jis sutrumpintai žymimas mm Hg:

1 mm Hg = 133,3 Pa.

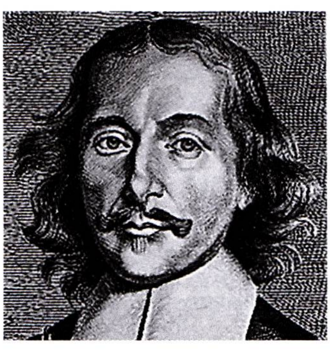
Normalusis atmosferos slėgis

45° geografinėje platumoje, jūros lygyje, 0 °C temperatūros sąlygomis išmatuotas atmosferos slėgis lygus 760 mm aukščio gyvsidabrio stulpelio slėgiui. Toks slėgis vadinamas **normaliúoju atmosfèros slėgiù**. Išreikštas slėgio SI matavimo vienetais, jis lygus **1013 hPa**.

Su atmosferos slėgiu yra susijusi vėjo kryptis ir stiprumas, o su to slėgio kitimu — orų permainos.

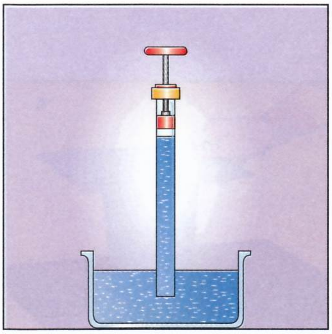
Taigi atmosferos slėgis yra labai svarbus meteorologams, prognozuojantiems orus.



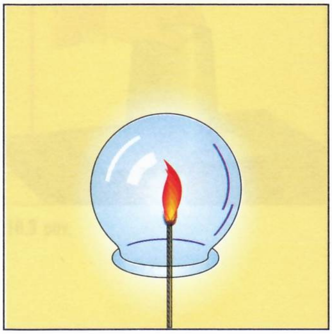


EVANDŽELISTA TORIČELIS (*E. Torricelli*, 1608—1647) — italų fizikas ir matematikas. 1644 metais jis sukūrė atmosferos slėgio teorijos pagrindus, išrado gyvsidabrio barometrą, patobulino Galilėjaus sukonstruotą termometrą. E. Toričelis tobulai konstravo mikroskopus ir šlifavo teleskopų lęšius.

OTAS fon GĖRIKĖ (*O. von Guericke*, 1602—1686) — įžymus XVII amžiaus fizikas eksperimentatorius, išradęs du svarbius prietaisus: oro siurblį bei elektros mašiną. Jis atliko plačiai pagarsėjusius bandymus su išretintu oru, kurie pademonstravo eksperimento svarbą tiriant gamtą.



10.6 pav.



10.7 pav.

Užduotys

1. Stiklinis vamzdelis su stūmokliu įleidžiamas į vandenį (10.6 pav.). Traukiant stūmoklį aukštyn, vanduo kyla paskui jį. Kodėl?

2. Kokio didumo jėga veikia Magdeburgo pusrutulius, kai iš jų išsiurbiamas oras? Pusrutulių paviršiaus plotas 5500 cm^2. Atmosferos slėgis normalus.

3. Kodėl sunku išgerti žalią kiaušinį, kuriame pradurta tik viena skylutė?

4. Paaiškinkite medicininės taurės (10.7 pav.) veikimą.

5. Ar gali kosmonautas įtraukti rašalo į automatinį plunksnakotį, skrisdamas erdvėlaiviu?

6. Kokio didumo jėga atmosfera slegia žmogų, kurio kūno paviršiaus plotas 160 dm^2? Atmosferos slėgį laikykite lygiu 1000 hPa.

7. Išklausę radijo pranešimą apie atmosferos slėgį, apskaičiuokite, kokio didumo jėga slegiamas jūsų fizikos vadovėlio viršelis.

8. Įmerkite plastikinį šiaudelį į stiklinę su vandeniu ir siurbkite iš jos orą. Kodėl vanduo kyla šiaudeliu?

9. Kuriame gylyje ežero vandens slėgis du kartus didesnis už atmosferos slėgį?

10. Kylančio arba nusileidžiančio lėktuvo keleivių ausys dažnai užgula. Kodėl tai atsitinka? Kaip to išvengti?

Tai įdomu!

- *1654 metais Rėgensburge Otas fon Gėrikė reichstago nariams ir imperatoriui pademonstravo dar įdomesnį bandymą. Jis pagamino du 42 cm skersmens varinius pusrutulius (vadinamuosius Magdeburgo pusrutulius), juos suglaudė ir iš susidariusio rutulio išsiurbė orą. Atmosferos slėgis taip suspaudė šiuos pusrutulius, kad jų negalėjo perskirti net aštuonios poros arklių (10.8 pav.).*
- *Normalusis atmosferos slėgis artimas slėgiui, kurį sukuria 1 kg masės svarstis, pastatytas ant 1 cm^2 plotelio.*

10.8 pav.



10.3. Barometras

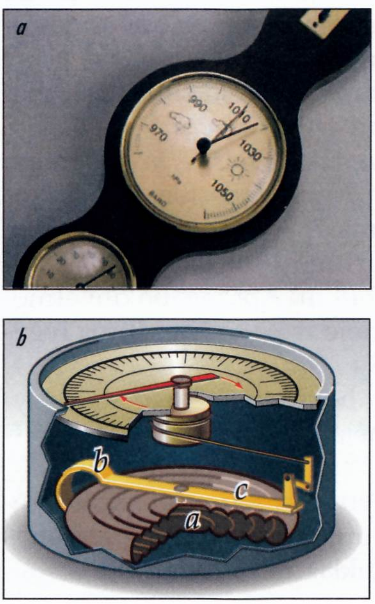
Jau žinome, kad slėgis matuojamas prietaisais, kurie vadinami manometrais. Atmosferos slėgiui matuoti naudojami kiti prietaisai — **baromètrai** (gr. *baros* — sunkumas + *metron* — matuoti). Pirmąjį gyvsidabrio barometrą 1643 metais sukonstravo E. T o r i č e l i s. Jį sudarė 10.5 paveiksle pavaizduotas stiklinis vamzdelis, prie kurio buvo pritaisyta skalė. Kadangi, kintant atmosferos slėgiui, kinta gyvsidabrio stulpelio aukštis, tai pagal vamzdelyje pažymėtas padalas galima sužinoti slėgį. Gyvsidabrio barometrais atmosferos slėgis nustatomas labai tiksliai. Vis dėlto šie barometrai yra nepatogūs naudoti, gyvsidabrio garai nuodingi, todėl gyvsidabrio paviršiaus negalima palikti atviro.

Tokių trūkumų neturi dabar labiausiai paplitęs barometras — **aneròidas** (gr. *an* reiškia nebuvimą, *aer* — orą, *eidos* — pavidalą). Jį visi matėte (10.9 pav., *a*). Aneroidą sudaro metalinė banguotu paviršiumi dėžutė *a*, iš kurios išsiurbtas oras (10.9 pav., *b*). Kad atmosferos slėgis nesugniuždytų dėžutės, jos dangtelį prilaiko spyruoklė *b*. Kintant

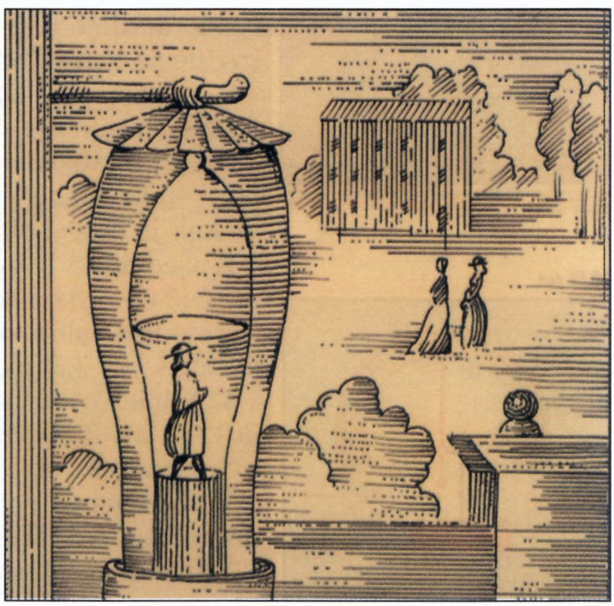
Tai įdomu!

• *Atmosferos slėgį galima matuoti ir vandens barometru, tik jo vamzdelis su vandeniu turi būti gerokai ilgesnis nei gyvsidabrio barometro, nes 1 mm $H_2O \approx$ ≈ 10 Pa. 10.10 paveiksle matome vandens barometrą, kurį Otas fon Gėrikė buvo įtaisęs prie savo namų fasado. Šio barometro rodyklę atstojo vandens paviršiuje plūduriuojantis žmogutis. Kintant oro slėgiui, žmogutis tai leisdavosi žemyn, tai kildavo aukštyn. Pagal jo rodmenis Gėrikė 1650 m. gruodžio 9 d. išpranašavo audrą.*

10.9 pav.



10.10 pav.



Tai įdomu !

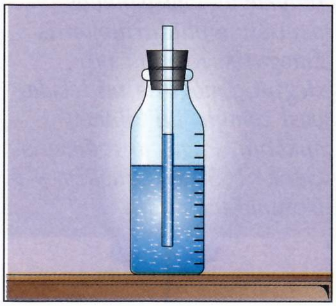
• *Kaime oro permainas kai kas numato gamtiniu „barometru" — prie namo sienos iš išorės prikalta eglės arba kadagio kamieno nuopjova su ilgoka šakele. Prieš lietų šakelė linksta žemyn, prieš giedrą — aukštyn.*

slėgiui, dangtelis tai įdumba, tai išsitiesia. Kinta ir prie jos pritvirtintos spyruoklės padėtis. Svertas *c* jungia spyruoklę su prietaiso rodykle, galinčia pasisukti į kairę arba į dešinę.

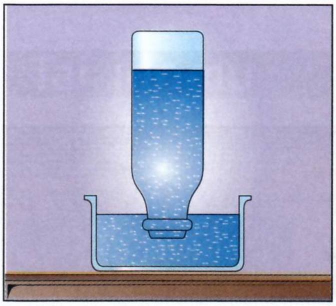
Po rodykle įtaisyta skalė, kuri sugraduota slėgio vienetais, lyginant aneroido rodmenis su gyvsidabrio barometro rodmenimis.

Pirmąjį aneroidą 1844 metais sukonstravo L. Vidie (*L. Widie*).

Iš barometro rodmenų kitimo galima apytiksliai spręsti ir apie oro permainas. Prieš lietų slėgis mažėja, prieš giedrą — didėja.

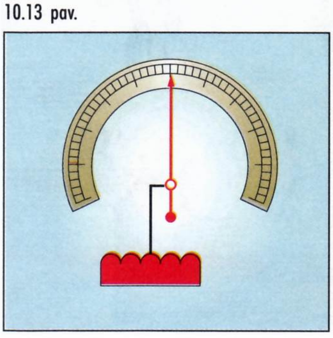


10.11 pav.



10.12 pav.

10.13 pav.



Užduotys ??

1. Kokio aukščio yra vandens barometro vandens stulpelis, kai atmosferos slėgis lygus 760 mm Hg?

2. Iš butelio, kamščio, plono stiklinio vamzdelio ir dažyto vandens pasigaminkite barometro modelį (10.11 pav.). Prie butelio sienelės priklijuokite siaurą popieriaus juostelę su padalomis. Kurį laiką namuose stebėkite šio prietaiso rodmenis. Laikykite jį kiek galima pastovesnėje temperatūroje.

3. 10.12 paveiksle parodyta paprasčiausia paukščių girdykla. Kodėl vanduo išteka iš butelio į indą ne iš karto, o pamažu?

4. Televizoriaus ekrano matmenys 50 cm × 40 cm. Kokio didumo jėga oras slegia ekraną, kai atmosferos slėgis lygus 750 mm Hg?

5. Į kurią pusę pasislinks aneroido rodyklė, mažėjant atmosferos slėgiui (10.13 pav.)?

6. Netoli Aukštadvario, Kalvų miške, yra 40 m gylio „velnio duobė". Kam lygus atmosferos slėgių jos viršuje ir dugne skirtumas?

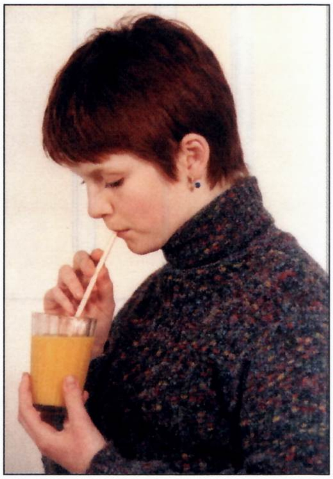
7. Gedimino kalno viršūnė iškilusi virš jūros lygio 142 m, o papėdė — 48 m. Apskaičiuokite atmosferos slėgį kalno viršūnėje ir papėdėje. Jūros lygyje slėgis yra 760 mm Hg.

8. Vilniaus televizijos bokšto papėdėje slėgis lygus 101 300 Pa, o viršūnėje — 65 120 Pa. Koks bokšto aukštis?

9. Barometras rodo 760 mm Hg slėgį. Kokio didumo jėga oras slegia lango stiklą, kurio matmenys 1,2 m × 0,6 m? Kodėl stiklas nesuskyla?

10.4. Praktinis atmosferos slėgio taikymas

Rugio šiaudas jau seniai buvo naudojamas vandeniui gerti. Dabar geriame pro plastikinius šiaudelius. Stiklinė skysčio ir į ją įleistas šiaudas yra ne kas kita, kaip susisiekiantieji indai — šiaude ir stiklinėje skysčio lygis vienodas. Čiulpiant skystį, mažėja slėgis šiaudelyje. Dėl atmosferos slėgio poveikio skystis kyla šiaudeliu, ir mes galime atsigerti (10.14 pav.).



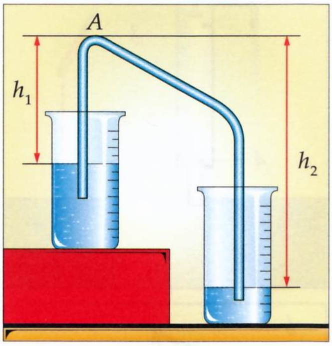
10.14 pav.

Sifonas

Sifònu vadinamas lenktas dviejų nelygių alkūnių vamzdelis (plastikinė arba guminė žarna; gr. *siphon* — vamzdelis) skysčiams perpilti iš aukščiau padėto indo į pastatytą žemiau (10.15 pav.). Kairiojoje vamzdelio alkūnėje esantį skystį iš apačios spaudžia atmosfera, kurios slėgis p_0, o iš viršaus — aukščio h_1 skysčio stulpelis. Jo slėgis lygus $\rho g h_1$. Šios alkūnės viršutiniame taške A susidaro slėgių skirtumas

$$p_1 = p_0 - \rho g h_1.$$

10.15 pav.



Dešiniojoje vamzdelio alkūnėje esantį skystį iš apačios taip pat veikia atmosferos slėgis p_0, o iš viršaus — skysčio stulpelio, kurio aukštis h_2, slėgis $\rho g h_2$. Šios alkūnės taške A (jis, kaip matome, kartu yra ir kairiosios alkūnės taškas) susidaro slėgių skirtumas

$$p_2 = p_0 - \rho g h_2.$$

Taigi taškas A iš vienos ir kitos sifono alkūnių pusės slegiamas nevienodai. Kadangi $h_2 > h_1$, tai $p_1 > p_2$. Slėgių skirtumas Δp[1] lygus

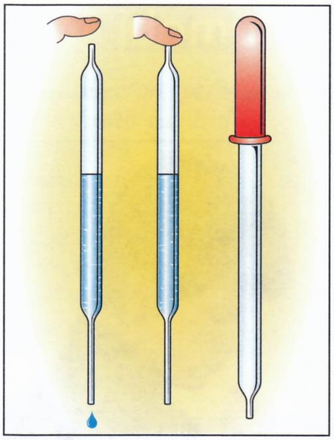
$$\Delta p = p_1 - p_2.$$

Įrašę slėgių p_1 ir p_2 vertes, gauname:

$$\Delta p = p_0 - \rho g h_1 - (p_0 - \rho g h_2) = \rho g (h_2 - h_1).$$

Slėgių skirtumas taške A bus tuo didesnis, kuo didesnis aukščių skirtumas $h_2 - h_1$. Svarbu, kad stulpelio h_1 slėgis ($p_1' = \rho g h_1$) būtų mažesnis už atmosferos slėgį.

[1] Čia Δ — graikiška raidė „delta“; fizikoje ja dažnai žymimas dydžių skirtumas.



10.16 pav.

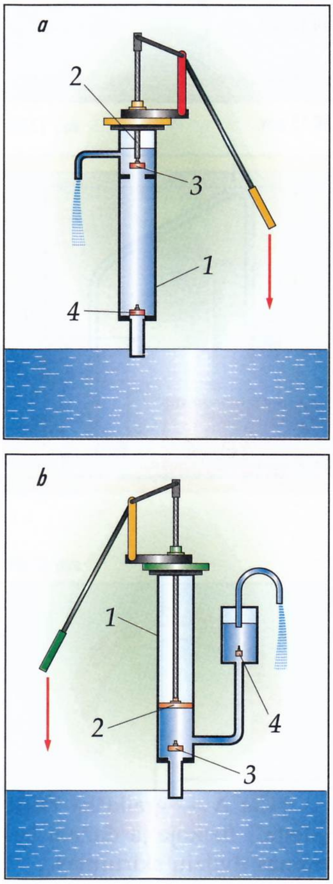
Sifonu skysčius galima perpilti tik iki tam tikros indų aukščio skirtumo ribos. Pavyzdžiui, šaltą vandenį — kai aukščio skirtumas 6—7 m.

Sifoną — išlenktą guminę žarnelę — dažnai naudoja vairuotojai, norėdami perpilti benziną iš automobilio bako (juk jo nepakreipsi tarsi arbatinuko) į indą. Vieną guminės žarnelės galą jie įleidžia į baką, kitą — į indą. Dėl slėgių skirtumo benzinas teka iš aukščiau esančio bako į žemai pastatytą indą. Tačiau kartais vairuotojai įsigudrina per kitą žarnelės galą pirma burna išsiurbti orą. To jokiu būdu negalima daryti, nes labai kenkia sveikatai. Guminę žarnelę nesunku pripildyti benzino, panardinus ją į indą.

Pipetė

Dar vienas prietaisas, kuriame taikomos atmosferos slėgio savybės, yra **pipètė**. Tai stiklinis indelis (pranc. *pipette* — vamzdelis) nedideliam kiekiui skysčių siurbti, lašinti, matuoti (10.16 pav.). Pirštu užspaudus viršutinę pipetės vamzdelio angą, atmosferos slėgis atlaiko pipetėje esančio skysčio stulpelio slėgį.

10.17 pav.

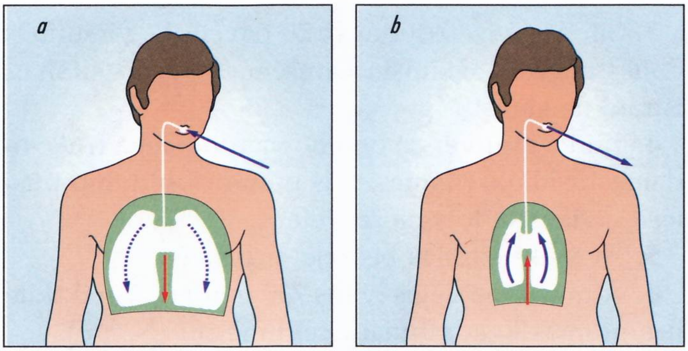


Siurbliai

Atmosferos slėgiu pagrįstas kai kurių **siurblių** veikimas. Čiulpimo siurblį (10.17 pav., *a*) sudaro cilindras *1*, kuriuo aukštyn ir žemyn gali slankioti stūmoklis 2. Stūmoklyje įtaisytas vožtuvas *3*, o apatinėje cilindro dalyje — vožtuvas *4*. Abu vožtuvai atsidaro į viršų.

Stūmokliui slenkant žemyn, užsidaro apatinis vožtuvas *4* ir atsidaro vožtuvas *3*. Vanduo suteka virš stūmoklio. Slinkdamas aukštyn, stūmoklis kelia vandenį, ir šis išbėga pro nutekamąjį vamzdį. Tuo pat metu pro atvirą vožtuvą *4* į cilindrą iš telkinio veržiasi vanduo.

Slėgimo siurblį (10.17 pav., *b*) taip pat sudaro cilindras *1*, kuriuo aukštyn ir žemyn gali slankioti stūmoklis 2. Apatinėje cilindro dalyje ir nutekamajame vamzdyje įtaisyti vožtuvai *3* ir *4*. Stūmokliui



10.18 pav.

slenkant aukštyn, atsidaro vožtuvas *3* ir užsidaro vožtuvas *4*. Ertmė po stūmokliu prisipildo vandens. Stūmokliui slenkant žemyn, užsidaro vožtuvas *3* ir vanduo pro vožtuvą *4* stumiamas į nutekamąjį vamzdį.

Į siurblius vandenį varo atmosferos slėgis.

Su atmosferos slėgiu yra susijęs žmogaus kvėpavimas.

Įkvepiant (10.18 pav., *a*) kvėpuojamieji krūtinės ląstos raumenys traukiasi, kelia šonkaulius ir stumia į priekį krūtinkaulį. Diafragma traukdamasi leidžiasi žemyn, dėl to padidėja krūtinės ląstos tūris, o slėgis plaučiuose pasidaro mažesnis už atmosferos slėgį. Tada į plaučius plūsta aplinkos oras.

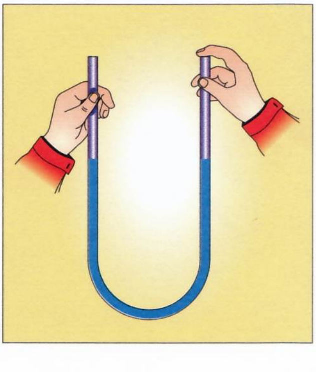
Iškvepiant (10.18 pav., *b*) krūtinės ląstos tūris mažėja, plaučiai traukiasi ir slėgis juose pasidaro didesnis už atmosferos slėgį. Oras iš plaučių srūva laukan.

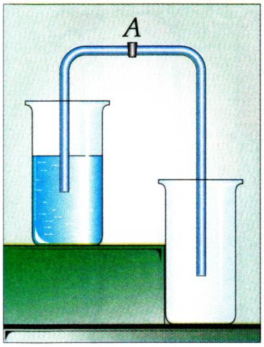
Užduotys

1. Apie 1 m ilgio guminę ar plastikinę žarną pripilkite vandens, laikydami abu jos galus viename lygyje (10.19 pav.). Vieną žarnos galą užspauskite nykščiu, o kitą — paleiskite. Ką matote? Kas atsitiks, jei atidengsite ir viršutinį jos galą? Bandymą atlikite atsargiai — neapsilaistykite!

2. Pieno paviršiuje nusistoja grietinėlė. Kaip gumine žarnele išpilti iš indo pieną paliekant jame grietinėlę?

10.19 pav.





10.20 pav.

3. Sifono, pavaizduoto 10.20 paveiksle, viršutinės dalies anga *A* užkimšta kamščiu. Ar veiks sifonas, ištraukus kamštį?

4. Kodėl iš apversto butelio vanduo bėga trūkčiodamas ir kliuksėdamas, o iš guminės šildymo pūslės — vientisa tolygia srovele?

5. Ar veiks sifonas beorėje erdvėje?

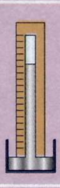
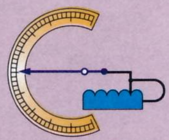
6. Atmosferos slėgis lygus 750 mm Hg. Išreikškite jį niutonais kvadratiniam centimetrui (N/cm^2).

7. Uždegtą popieriaus skiautelę įmeskite į tuščią pieno butelį ir ant jo kakliuko uždėkite nuluptą kietai virtą kiaušinį. Pamatysite, kaip šis įsmuks į butelį. Paaiškinkite reiškinį.

8. Kodėl, pradūrus skardinės dugne vieną skylutę, sultys vos teka, o pradūrus dvi — lengvai išbėga?

9. Po oro siurblio gaubtu pastatytas vandens pripiltas butelis, užkimštas kamščiu, kuriame yra stiklinis vamzdelis. Kodėl iš vamzdelio trykšta vanduo, kai iš gaubto siurbiame orą?

Skyriaus „Atmosfera" santrauka

<table>
<tr><td>Atmosfera</td><td colspan="2">Atmosfera — Žemę gaubiantis oro sluoksnis.</td></tr>
<tr><td>Atmosferos slėgio matavimo vienetai</td><td colspan="2">1 Pa = 1 N/m^2
1 mm Hg = 133,3 Pa
1 mm $H_2O \approx$ 10 Pa</td></tr>
<tr><td>Atmosferos slėgis</td><td colspan="2">Normalusis atmosferos slėgis (išmatuotas 45° geografinėje platumoje, jūros lygyje, esant 0 °C temperatūrai) lygus 760 mm Hg = 101 300 Pa = 1013 hPa.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Atmosferos slėgio matavimo prietaisai</td><td colspan="2">Barometrai</td></tr>
<tr><td>Gyvsidabrio barometras</td><td>Aneroidas</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Praktinis atmosferos slėgio taikymas</td><td colspan="2">Dėl atmosferos slėgio galima gerti pro šiaudą, kvėpuoti. Juo pagrįstas pipetės, siurblio ir sifono veikimas, mūsų kvėpavimas.</td></tr>
</table>



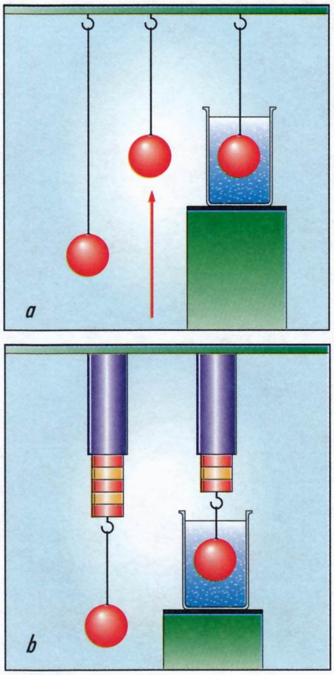


11 Kūnai skysčiuose (dujose)

Šiame skyriuje susipažinsite su:

- Archimedo jėgos sąvoka;
- Archimedo dėsniu;
- kūnų plūduriavimo reiškiniu;
- vandens transportu;
- oreivyste.

11.1. Archimedo jėga



11.1 pav.

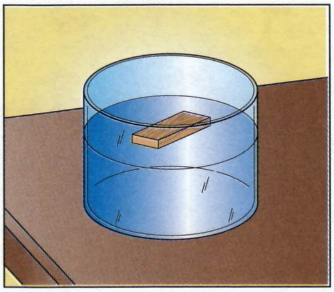
Į skystį panardinti kūnai

Be abejo, jums teko maudytis jūroje, upėje arba ežere. Ar bandėte vandenyje pakelti draugą, akmenį? Matyt, pastebėjote, kad kelti ką nors vandenyje daug lengviau negu ore. Kodėl?

1 bandymas. Prie spyruoklės ar guminės juostelės prikabinkime pasvarą. Juostelė išsitempia (11.1 pav., *a*, kairėje). Pabandykime pasvarą iš apačios truputį kilstelti ranka. Juostelė sutrumpėja, nes pasvarą veikia į viršų nukreipta jėga (11.1 pav., *a*, vidurinioji dalis). Įleiskime pasvarą į indą su vandeniu. Juostelė taip pat sutrumpės (11.1 pav., *a*, dešinėje). Matyt, ir vandenyje jį veikia jėga, nukreipta į viršų.

2 bandymas. Tą patį pasvarą dabar prikabinkime prie dinamometro. Jis rodys pasvaro svorį (11.1 pav., *b*, kairėje). Paskui pasvarą panardinkime į vandenį. Matysime, kad dinamometro rodmuo pakito — sumažėjo (11.1 pav., *b*, dešinėje).

Bandymai rodo, kad skystyje (dujose) panardintus kūnus veikia aukštyn nukreipta jėga.

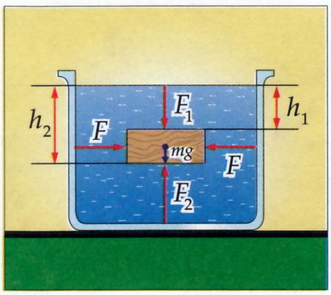


11.2 pav.

Plūduriuojantys kūnai

3 bandymas. Į stiklinį indą, kuriame yra vandens, įmeskime medinę trinkelę. Ji ne skęsta, o plūduriuoja vandens paviršiuje (11.2 pav.). Trinkelė plūduriuotų ir kituose skysčiuose. Vadinasi, aukštyn nukreipta jėga veikia ir plūduriuojančius kūnus.

11.3 pav.



Archimedo jėga

Jėga, kuri stumia aukštyn skysčiuose (dujose) panardintus arba plūduriuojančius kūnus, vadinama Archimèdo jėgà. Kaip ji atsiranda, galima paaiškinti skysčių slėgio dėsningumu.

Pavaizduokime jėgas, kurios veikia skystyje panirusį kūną — tašelį (11.3 pav.). Iš šonų tašelį veikia jėgos, kurios yra vienodo didumo, bet priešingų krypčių. Jos atsveria viena kitą. Viršutinę tašelio

dalį skysčio stulpelis h_1 veikia jėga F_1, apatinę — stulpelis h_2 jėga F_2. Kadangi $h_2 > h_1$, tai ir $F_2 > F_1$. Jėgų F_1 ir F_2 atstojamoji ir yra Archimedo jėga $F_A = F_2 - F_1$. Ji nukreipta į didesniosios jėgos pusę (aukštyn).

Be minėtų jėgų, tašelį veikia ir žemyn nukreipta sunkio jėga, lygi mg. Jei ji didesnė už Archimedo jėgą, tai tašelis skęsta, jei mažesnė — kyla į viršų. Šiuos klausimus aptarsime šiek tiek vėliau (11.3 skyrelyje).

Užduotys

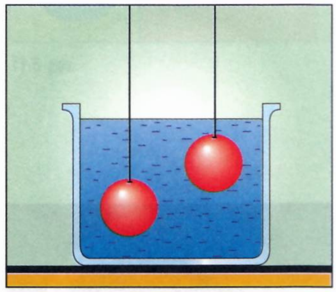
1. Skysčio paviršiuje plūduriuoja kamštis. Grafiškai pavaizduokite jį veikiančias jėgas.

2. 11.3 paveiksle pavaizduoto stačiakampio tašelio $h_1 = 5$ cm, $h_2 = 7$ cm. Tašelio pagrindo plotas lygus 25 cm^2. Koks yra vandens slėgis į viršutinį ir apatinį tašelio pagrindą? Apskaičiuokite jėgų F_1 ir F_2, taip pat tašelį veikiančios Archimedo jėgos didumą.

3. Du tokio pat tūrio kūnai panardinti vandenyje skirtingame jo gylyje (11.4 pav.). Ar vienoda Archimedo jėga veikia šiuos kūnus?

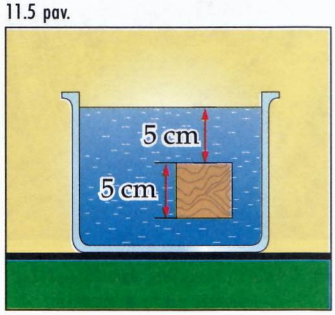
4. Į indą su vandeniu panardintas kubas, kurio briaunos ilgis 5 cm (11.5 pav.). Atstumas nuo viršutinio kubo pagrindo iki vandens paviršiaus lygus 5 cm. Kokio didumo jėga vanduo slegia viršutinį kubo pagrindą, kokio — apatinį? Apskaičiuokite kubą veikiančios Archimedo jėgos didumą.

5. Apskaičiuokite Archimedo jėgą, kuri veikia 5 m^3 tūrio balioną ore.



11.4 pav.

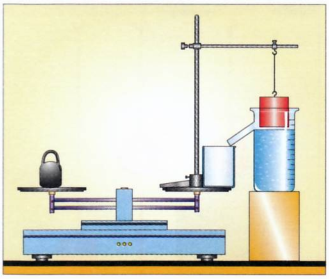
11.5 pav.



11.2. Archimedo dėsnis

Archimedo jėgos didumas

Jau stebėdami dinamometro rodmenų kitimą (žr. 11.1 pav.), galime daryti prielaidą, kad Archimedo jėga susijusi su išstumto skysčio svoriu. Atlikime bandymą, kuris patvirtina šį teiginį, taip pat atsako į klausimą, koks yra tos jėgos didumas.



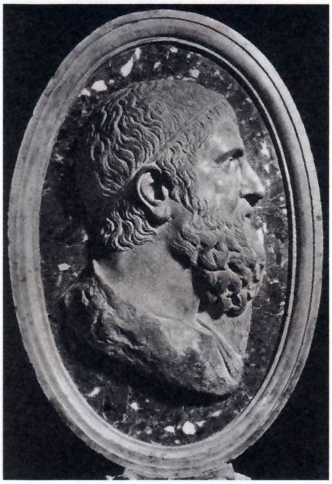
11.6 pav.

1 bandymas. Ant vienos svarstyklių lėkštės pastatykime stovą su pririštu prie jo pasvaru ir tuščią stiklinę, ant kitos padėkime tiek svarsčių, kad svarstyklės būtų pusiausviros (11.6 pav.). Šalia lėkštės, ant kurios yra stovas, pastatykime indą su nutekamuoju vamzdeliu. Į šį indą iki vamzdelio pripilkime vandens ir panardinkime į jį prie stovo pririštą pasvarą. Šis slėgs vandenį, ir dalis jo iš indo vamzdeliu išbėgs į stiklinę. Kaip matysime, svarstyklių pusiausvyra nesutriks.

Panardintą į vandenį pasvarą veikia Archimedo jėga. Dėl to dešinioji svarstyklių lėkštė turėtų kilti į viršų. Tačiau tuo pat metu ją spaudžia žemyn išstumtas (išbėgęs į stiklinę) vanduo. Akivaizdu, kad Archimedo jėga lygi pasvaro išstumto vandens svoriui, nes svarstyklės lieka pusiausviros.

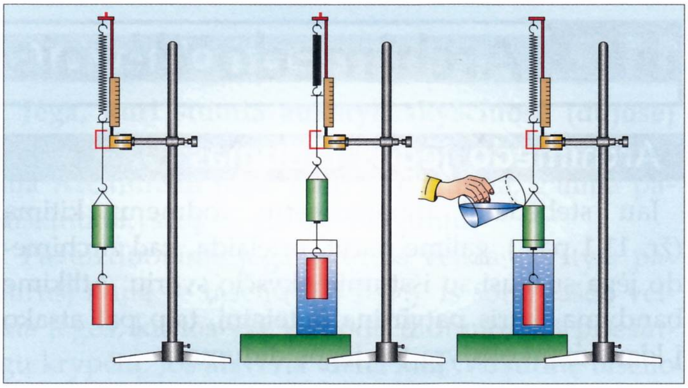
Tą patį rodo ir kiti bandymai. Atlikime vieną jų su vadinamuoju Archimedo kibirėliu. Jį sudaro spyruoklė, metalinis ritinys ir kibirėlis.

2 bandymas. Prie dinamometro prikabinkime kibirėlį, o prie jo — tokio pat tūrio ritinį (įdėję ritinį į kibirėlį, įsitikiname, kad jų tūris vienodas). Įsidėmėkime rodyklės padėtį skalėje (11.7 pav., kairėje). Tada ritinį panardinkime į indą su vandeniu. Spyruoklė sutrumpėja, ir rodyklė skale pasislenka į viršų (vidurinė paveikslo dalis). Dabar pripilkime pilną kibirėlį vandens. Dinamometro rodyklė grįžta į pirmykštę padėtį (11.7 pav., dešinėje). Įsitikiname, kad ritinį vandenyje veikia jėga, lygi išstumto vandens svoriui.

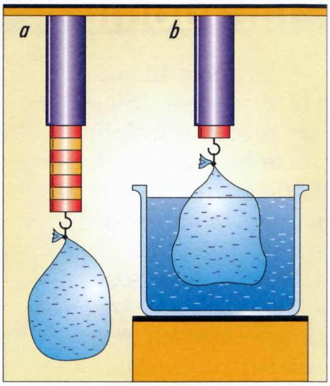


ARCHIMEDAS (*Archimedes*, apie 287—212 pr. Kr.) — senovės graikų matematikas, fizikas. Jis gana tiksliai apskaičiavo apskritimo ilgį, išvedė formulę trikampio plotui skaičiuoti pagal trijų jo kraštinių ilgį, nustatė įvairių figūrų ir kūnų masės centrus, sverto dėsnius, sukūrė hidrostatikos pagrindus, suformulavo hidrostatikos dėsnį, vėliau pavadintą jo vardu.

11.7 pav.



3 bandymas. Į nedidelį polietileninį maišelį pripilkime vandens ir maišelį užriškime taip, kad jame neliktų oro. Prikabintą prie dinamometro maišelį pasverkime (11.8 pav., *a*), paskui panardinkime į indą su vandeniu. Jis išstums iš indo tiek vandens, kiek jo yra pačiame maišelyje. Kadangi dabar dinamometro rodyklė sustoja beveik ties nuline padala (11.8 pav., *b*), akivaizdu, kad maišelį veikia aukštyn nukreipta jėga, lygi išstumto vandens svoriui (paties maišelio svoris labai mažas).



11.8 pav.

Archimedo dėsnis

Jei išstumto skysčio masę pažymėsime m_s, tai jo svoris bus $P = m_s g$. Atlikti bandymai parodė, kad Archimedo jėga lygi išstumto skysčio svoriui, t. y.

$$F_A = P, \quad \text{arba} \quad F_A = m_s g.$$

Žinodami skysčio tankį ρ_s, jo masę galime išreikšti taip: $m_s = \rho_s V$. Tada

$$F_A = \rho_s V g.$$

Gavome Archimedo jėgos formulę, kuria išreiškiamas vadinamasis **Archimèdo dė́snis**. Čia F_A — Archimedo jėga, ρ_s — skysčio tankis, V — išstumto skysčio tūris (lygus panardinto kūno tūriui; jei kūnas plūduriuoja skystyje — tai jame pasinėrusios kūno dalies tūriui), g — laisvojo kritimo pagreitis.

Archimedo dėsnį galima formuluoti įvairiai nekeičiant jo esmės.

Skystyje (dujose) panardintą kūną veikia aukštyn nukreipta jėga, lygi kūno išstumto skysčio (dujų) svoriui.

Archimedo jėga skystyje (dujose) lygi išstumto skysčio (dujų) svoriui.

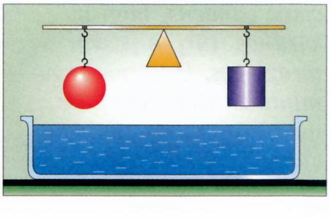
Tai įdomu!

• *Archimedo dėsniu pagrįstas paprastų prietaisų, kontroliuojančių skystų produktų savybes, veikimas. Pavyzdžiui, vandeniu atmiešto pieno tankis pakinta, o pagal jį nesunku nustatyti skysčio sudėtį.*

Užduotys ??

1. Du tos pačios medžiagos vienodos masės, bet skirtingos formos kūnai prikabinti prie svarstyklių pečių. Ar išliks svarstyklės pusiausviros, kai kūnus panardinsime į vandenį (11.9 pav.)?

11.9 pav.



Tai įdomu!

• *Sirakūzų karalius Heronas apie 250 m. pr. Kr. pavedė auksakaliui iš aukso luito nukalti karūną. Karūna išėjo labai graži, tačiau karaliui nepatiko jos spalva. Jam atrodė, kad ji kitokia negu aukso.*

Karalius įtarė, jog auksakalys galėjo dalį aukso pakeisti kitu metalu. Kaip patikrinti nesugadinant karūnos? Karalius pasikvietė mokslininką Archimedą ir paprašė jį išspręsti šį uždavinį. Archimedas ilgai laužė galvą, bet niekaip negalėjo sugalvoti, kaip tai padaryti. Kartą maudydamasis vonioje, Archimedas pastebėjo, kad jo kūnas vandenyje lengvesnis nei ore. Kilo gera mintis, ir jis, sujaudintas atradimo, sušuko: „Eureka! Eureka!" (gr. Heureka *— radau).*

Kitą dieną jis prie vieno svarstyklių peties prikabino karūną, prie kito — tokio pat svorio aukso grynuolį. Svarstyklės buvo pusiausviros. Tada abu sveriamus kūnus panardino į vonią su vandeniu ir pamatė, kad gryno aukso luitas nusvėrė karūną. Archimedas, rodydamas į auksakalį, sušuko: „Sukčius!"

Pagal karūnos svorio sumažėjimą vandenyje, lygų jos išstumto vandens svoriui, Archimedas apskaičiavo vandens, taigi ir karūnos, tūrį, o paskui medžiagos, iš kurios pagaminta karūna, tankį. Jis, matyt, nesutapo su gryno aukso tankiu.

2. Ore kūnas sveria 7 N, vandenyje — 4 N. Koks yra to kūno tūris ir tankis?

3. Tokio pat tūrio geležinis ir medinis rutuliai metami į vandenį. Ar vienoda Archimedo jėga veiks abu rutulius?

4. Prie sverto pečių prikabinti du vienodo tūrio rutuliai: geležinis ir aliumininis. Svertas yra pusiausviras. Ar sutriks jo pusiausvyra, kai rutulius vienu metu įmerksime į vandenį?

5. Medinis rutulys pirma buvo įmestas į vandenį, paskui — į benziną. Palyginkite abiem atvejais rutulį veikiančią Archimedo jėgą. Benzino tankis didesnis už rutulio tankį.

6. Kokio didumo Archimedo jėga veikia 100 cm^3 tūrio kūną, visiškai panirusį vandenyje; žibale?

7. Prie dinamometro prikabintas 100 cm^3 tūrio aliumininis tašelis, kurio svoris lygus 2,7 N. Ką rodys dinamometras, kai tašelį panardinsime į vandenį?

8. Prie dinamometro prikabintas 0,4 kg masės medinis tašelis iki pusės panardinamas į vandenį. Kokio didumo jėgą rodo dinamometras? Vandens tankis 1000 kg/m^3, o medžio — 600 kg/m^3.

3-iasis laboratorinis darbas. Skystyje panirusį kūną veikiančios Archimedo jėgos apskaičiavimas

Priemonės: 1) laboratorinis dinamometras; 2) matavimo cilindras; 3) metalinis ritinėlis ar kitas vandenyje skęstantis kūnas; 4) stiklinė su vandeniu; 5) siūlai.

Užduotis

Apskaičiuokite Archimedo jėgą, kuri veikia vandenyje panirusį metalinį ritinėlį.

Darbo eiga

a) Dinamometru išmatuokite metalinio ritinėlio svorį;

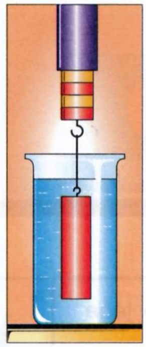
b) ritinėlį panardinkite į matavimo cilindrą su vandeniu ir vėl išmatuokite ritinėlio svorį (11.10 pav.);

c) apskaičiuokite Archimedo jėgos didumą;

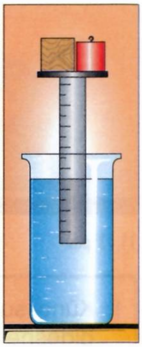
d) išmatuokite, kiek vandens išstūmė panardintas ritinėlis;

e) apskaičiuokite išstumto vandens svorį;

f) palyginkite ritinėlį veikiančios Archimedo jėgos didumą su išstumto vandens svoriu. Padarykite išvadą.



11.10 pav.



11.11 pav.

Užduotys ??

1. Teniso kamuoliukas plūduriuoja vandenyje. Ar pasikeis kamuoliuką veikianti Archimedo jėga, jeigu jį įmesime į kitokį skystį?

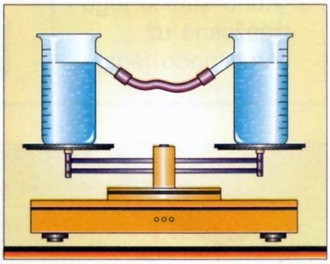
2. Turime tik dinamometrą ir indą vandens. Kaip galime greitai nustatyti nedidelio metalinio kūno tūrį?

3. 11.11 paveiksle nupiešta plūdė, kuri gali atstoti svarstykles mažiems kūnams sverti. Kaip veikia tokios „svarstyklės"?

4. Ant svarstyklių padėti du vandens pripilti ir gumine žarnele sujungti indai (11.12 pav.). Ar sutriks svarstyklių pusiausvyra, jei į vieną indą įmesime medinį tašelį?

5. Granito luitas, kurio tūris 100 cm^3, yra ežero dugne. Kokio didumo jėga pakels jį vandenyje; visiškai iškels iš vandens?

11.12 pav.

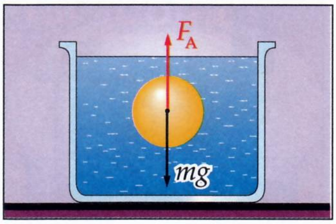


11.3. Kūnų plūduriavimas

Iš patirties žinome, kad akmuo vandenyje skęsta, o medinė trinkelė plūduriuoja. Tačiau atlikime keletą bandymų.

1 bandymas. Į stiklinę su vandeniu įmeskime mažą akmenuką (arba vinį) ir medžio gabaliuką (ar kamštį). Akmenukas skęs, o medžio gabaliukas plūduriuos.

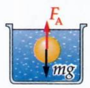
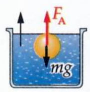
2 bandymas. Pirma bulvę įmeskime į stiklinę su gėlu vandeniu, paskui — į stiklinę su stipriai pasūdytu vandeniu. Pirmą kartą bulvė nugrims į dugną, antrą kartą — plūduriuos.

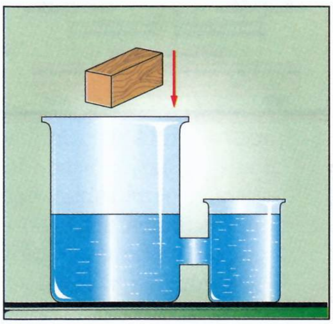


11.13 pav.

Kaip galima paaiškinti stebėtus bandymus? Kūną skystyje veikia dvi jėgos — žemyn nukreipta sunkio jėga ir aukštyn nukreipta Archimedo jėga (11.13 pav.). Dėl abiejų jėgų poveikio kūnas juda didesniosios kryptimi. Kai tos jėgos yra lygios, kūnas gali laikytis bet kuriame gylyje (taip buvo pakibusi vandenyje bulvė).

Kūnų padėtį skystyje apibūdina tokia lentelė:

1. Kūno sunkio jėga didesnė už Archimedo jėgą		$mg > F_A$	$\rho_k > \rho_s$	Kūnas skęsta
2. Kūno sunkio jėga lygi Archimedo jėgai		$mg = F_A$	$\rho_k = \rho_s$	Kūnas pasineria į skystį ir gali laikytis bet kuriame jo gylyje
3. Kūno sunkio jėga mažesnė už Archimedo jėgą		$mg < F_A$	$\rho_k < \rho_s$	Kūnas kyla į skysčio paviršių



11.14 pav.

Kaip matyti iš lentelės, kūno padėtis vandenyje priklauso nuo kūno ir skysčio tankio. Tas pats kūnas viename skystyje skęsta, o kitame — plūduriuoja. Pavyzdžiui, geležis skęsta vandenyje, bet plūduriuoja gyvsidabryje (geležies tankis 7800 kg/m^3, gyvsidabrio — 13 600 kg/m^3, vandens — 1000 kg/m^3).

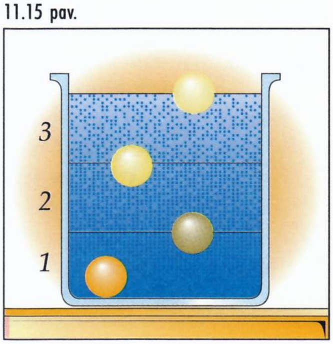
Užduotys

1. Susisiekiančiuosiuose induose — vanduo (11.14 pav.). Kaip pasikeis jo lygis induose, kai į vieną jų įmesime medžio gabaliuką?

2. Kodėl gelbėjimosi ratas neleidžia žmogui nuskęsti?

3. Į 11.15 paveiksle pavaizduotą indą įpilama vandens, benzino ir gyvsidabrio. Šie skysčiai inde pasiskirsto sluoksniais. Paskui įmetami keturi rutuliukai, pagaminti iš kamščio, parafino, geležies ir iridžio. Nurodykite, kuriame skysčio sluoksnyje atsiduria kiekvienas rutuliukas.

11.15 pav.



4. Kuriuose skysčiuose gali skęsti ledas; gintaras; medgalys?

5. Kuriuose skysčiuose plūduriuoja kamštis; akmens anglių gabalas?

6. Koks turi būti mažiausias pripučiamos valties tūris, kad joje saugiai jaustųsi meškeriotojas, sveriantis 700 N? Valties svoris lygus 80 N.

7. Ar veikia Archimedo jėga dirbtiniame Žemės palydove?

8. Gabalas stiklo ore sveria 14 N, vandenyje — 8,4 N. Apskaičiuokite stiklo tankį.

Tai įdomu !

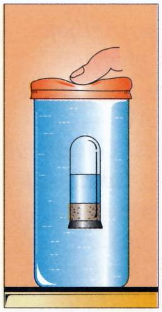
• *Vandens gyvūnų silpni griaučiai, o augalų elastingi stiebai. Jų tankis mažai skiriasi nuo vandens tankio. Archimedo jėga atsveria vandens augalų ir gyvūnų svorį, todėl jie „kabo" vandenyje.*

• *Gali kisti žuvų plaukiojamosios pūslės tūris, dėl to kinta vidutinis jų kūno tankis, kartu ir pasinėrimo gylis.*

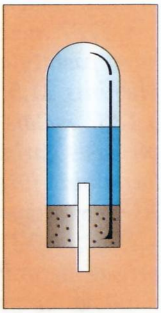
• *Kaip priklauso panardinto kūno padėtis nuo to kūno ir skysčio tankio, galima akivaizdžiai pailiustruoti Kartèzijaus narù. (Tai prancūzų matematiko ir fiziko Renė Dekarto* (R. Descartes, *1596—1650) sulotyninta pavarde (Kartezijus) pavadintas prietaisas.) Jį nesunku pasidaryti. Stiklainį arba aukštą matavimo cilindrą reikia pripilti sklidiną vandens ir įmesti į jį plūdę, kurios tankis šiek tiek mažesnis už vandens tankį (11.16 pav.). Plūdę gali atstoti ne iki viršaus pripiltas vandens mėgintuvėlis, mažas buteliukas ar speciali plūdė, kurios vienas pavyzdys parodytas 11.17 paveiksle.*

Įdėjus plūdę, butelio ar matavimo cilindro anga aptempiama gumine ar plastikine plėvele. Spausdami ją pirštu, matome, kaip „naras" (plūdė) leidžiasi į butelio dugną. Atleidus plėvelę, jis vėl iškyla į paviršių.

Spaudžiama plėvelė slegia plūdėje esantį orą, ir į ją pribėga daugiau vandens. Plūdės tankis pasidaro didesnis už vandens tankį. Dėl to ji grimzta. Kai plėvelė atleidžiama, plūdėje esantis suspaustas oras plečiasi ir stumia iš jos vandenį. Plūdės tankis mažėja, ir ji kyla į paviršių.



11.16 pav.



11.17 pav.

11.4. Vandens transportas

Tai įdomu !

• *Pirmieji laivai buvo iš rąstų padaryti plaustai. X amžiuje pr. Kr. finikiečių laivai jau turėjo pagrindinius konstrukcinius elementus. VIII amžiuje pr. Kr. Mezopotamijoje naudotos oda aptemptos pintinės kėlė iki 100 t krovinį. Rytų Bengalijos gyventojai plaukiojo degto molio valtimis. Burlaivius naudojo daugelis senovės tautų: kinai, egiptiečiai, finikiečiai, graikai, romėnai.*

• *1787 metais Anglijoje buvo pastatytas pirmasis plieninis 21,5 m ilgio laivas, o 1807 metais JAV — pirmasis garlaivis. Garlaiviai burlaivius jūrose pakeitė tik XIX amžiuje.*

• *XIII—XIV amžiuje prūsai, lietuviai, kuršiai naudojo laivus kovai su kryžiuočiais ir kalavijuočiais.*

• *1765—1784 metais iškasus 54 km ilgio Oginskio kanalą, laivai į Nemuną atplaukdavo net iš Dnepro. 1854 metais Nemunu ties Kaunu pradėjo plaukioti garlaiviai. 1938 metais su Lietuvos vėliava plaukiojo 11 jūrų prekybos laivų.*

Žinome, kad kūnai, kurių tankis didesnis nei skysčio, tame skystyje skęsta. Tačiau ar visada taip yra? Juk plaukioja didžiuliai laivai, pagaminti iš daugelio sunkesnių už vandenį medžiagų.

1 bandymas. Įmeskime plonos skardos lakštelį į indą su vandeniu (11.18 pav., *a*). Lakštelis ims skęsti ir nugrims į dugną.

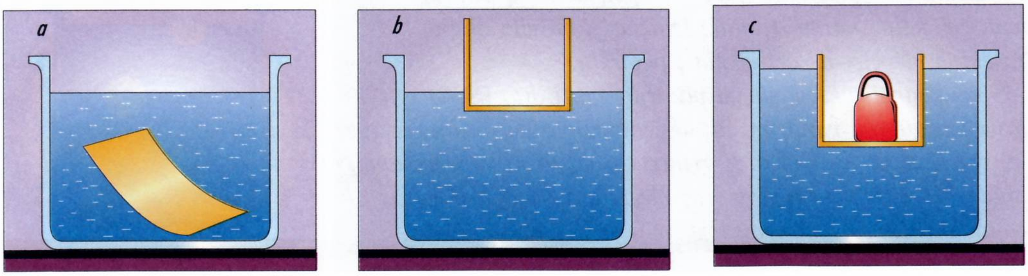
2 bandymas. Iš šio skardos lakštelio išlankstykime nedidelę dėžutę ir įdėkime ją į indą (11.18 pav., *b*). Dėžutė neskęs, nors niekas, išskyrus lakštelio formą, nepasikeitė.

Šiuos bandymus galima paaiškinti taip. Pirmuoju atveju lakštelį veikianti sunkio jėga didesnė už Archimedo jėgą, antruoju — lakštelio sunkio jėga nepasikeičia, tačiau iš jo padaryta dėžutė išstumia tiek vandens, kad Archimedo jėga prilygsta sunkio jėgai, todėl dėžutė neskęsta.

3 bandymas. Į šią dėžutę įdėkime nedidelį krovinėlį. Dėžutė pasineria truputį giliau, bet vis tiek neskęsta (11.18 pav., *c*). Giliau panirusi dėžutė išstumia daugiau vandens, padidėja Archimedo jėga, ji susilygina su dėžutę veikiančia padidėjusia sunkio jėga.

Išsiaiškinome svarbiausią visų laivų plūduriavimo principą: **vandenyje pasinėrusios laivo dalies išstumto vandens svoris turi būti lygus laivo su kroviniu svoriui.**

11.18 pav.



Kad laivai būtų stabilūs ir galėtų saugiai plaukioti, jų korpusas gali būti pasinėręs tik iki tam tikros ribos, kuri laivų šone žymima raudona linija — **vaterlìnija** (ol. *water-lijn* — vandens linija).

Laivo išstumtas vandens kiekis vadinamas **vandéntalpa**. Ji gali būti reiškiama povandeninės laivo dalies tūriu, išmatuotu kubiniais metrais, arba išstumto vandens mase tonomis. Išstumto vandens masė lygi paties laivo su kroviniu masei.

Laivai būna įvairios vandentalpos. Šiuolaikinių tanklaivių (angl. *tank* — cisterna, bakas) vandentalpa kartais siekia šimtus tūkstančių tonų.

Užduotys ??

1. Ž. Verno romane „20 000 mylių po vandeniu" aprašomas romano herojų susitikimas su nuskendusiu laivu, kuris „kybojo" nejudėdamas vandenyno gelmėse nenusileisdamas ant dugno. Ar romano autorius neklydo sukurdamas tokią situaciją?

2. Pakrautas laivas, paniręs iki vaterlinijos, išstumia 15 000 m^3 vandens. Laivo masė lygi 5000 t. Apskaičiuokite krovinio svorį.

11.5. Oreivystė

Archimedo dėsnis tinka ir dujoms. Atsižvelgiant į tai, konstruojami skraidymo aparatai, vadinami **aerostãtais** (gr. *aer* — oras + *statos* — stovintis). Svarbiausia jų dalis — balionas, pripildytas už orą lengvesnių dujų arba pašildyto oro, kurio tankis mažesnis už aplinkos oro tankį. Kad balionas galėtų pakilti, jo, krovinio ir skrendančių žmonių sunkio jėga turi būti mažesnė už balioną veikiančią Archimedo jėgą.

Uždavinys. Kokio svorio krovinį pakeltų 1 m^3 tūrio balionas, pripildytas vandenilio (11.19 pav.)?

Balioną veikia (nepaisant apvalkalo sunkio jėgos) žemyn nukreipta vandenilio sunkio jėga

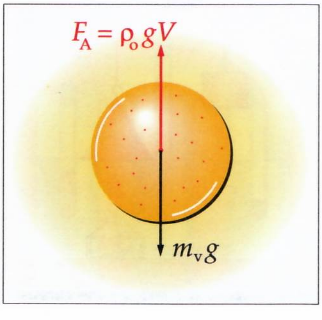
$$F = m_v g = \rho_v V g;$$

$$F = 0{,}09\ \text{kg/m}^3 \cdot 1\ \text{m}^3 \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 0{,}9\ \text{N}.$$

Tai įdomu !!

• *Žmonių skraidymas atmosferoje vadinamas aeronautika (gr.* aer — *oras +* nautike — *laivyba). Ji skirstoma į oreivystę ir aviaciją. Oreivystė — tai skraidymas lengvesniais už orą aparatais, o aviacija (pranc.* aviation *kilęs iš lot.* avis — *paukštis) — sunkesniais už orą aparatais.*

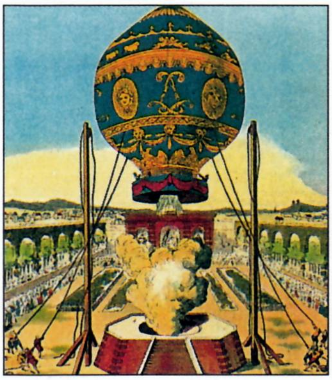
11.19 pav.



Tai įdomu !

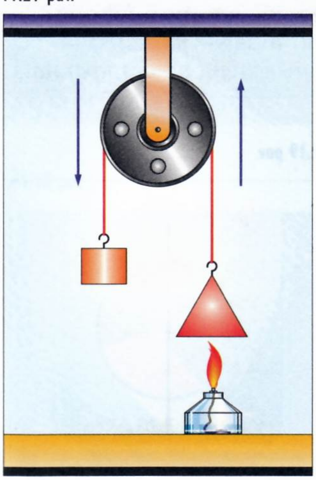
• *Pirmą aerostatą, pripildytą pašildyto oro, 1783 metais Prancūzijoje pagamino ir išbandė broliai Žozefas ir Etjenas de Mongolfjė* (J. *ir* E. de Montgolfier) *(11.20 pav.).*

• *1851 metais A. Griškevičius knygelėje „Žemaičio garlėkis" aprašė keletą skraidymo aparatų, palengvintų oro balionais.*



11.20 pav.

11.21 pav.



Balioną veikianti aukštyn nukreipta Archimedo jėga lygi išstumto oro svoriui:

$$F_A = \rho_o V g;$$

$$F_A = 1{,}29\ \text{kg/m}^3 \cdot 1\ \text{m}^3 \cdot 10\ \text{m/s}^2 = 12{,}9\ \text{N}.$$

Taigi balionas gali pakelti krovinį, kurio svoris

$$P = F_A - F;$$

$$P = 12{,}9\ \text{N} - 0{,}9\ \text{N} = 12\ \text{N}.$$

Tokio krovinio masė yra apie 1,2 kg.

Šis pavyzdys rodo, kad didelės masės kroviniams pakelti reikia didelių balionų, pripildytų lengvų dujų.

Užduotys ??

1. Kodėl šiltas oras kyla aukštyn, o šaltas leidžiasi žemyn?

2. Kodėl popierinis kūgis kyla į viršų, kai pašildomas jame esantis oras (11.21 pav.)?

3. Ar kosmonautai Mėnulyje gali skraidyti oro balionu?

4. Aerostatas pripildytas lengvų dujų (vandenilio, helio). Koks slėgis yra aerostato apvalkale: didesnis ar mažesnis už atmosferos slėgį?

5. Balionas, pasiekęs tam tikrą aukštį, nebekyla. Ką turi daryti pilotas, kad pakiltų dar aukščiau?

6. Kuris 11.22 paveiksle pavaizduotas oro balionas pakilęs aukščiau virš Žemės? Kaip būtų galima pakeisti jų pakilimo aukštį?

7. Prie sverto galų pakabinti du švininiai pasvarai, kurių vieno masė 200 g, o kito — 400 g, išlaiko tą svertą pusiausvirą. Ar sutriks pusiausvyra, panardinus pasvarus į vandenį? Kodėl?

4-asis laboratorinis darbas. Kūnų plūduriavimo sąlygų tyrimas

Priemonės: 1) svarstyklės; 2) svarsčiai; 3) matavimo cilindras; 4) mėgintuvėlis su kamščiu, kuriame yra kilputė; 5) iš vielos padarytas kabliukas; 6) smėlis; 7) stiklinė su vandeniu.

Užduotis

Ištirkite sąlygas, kuriomis mėgintuvėlis plūduriuoja vandenyje ir kuriomis — skęsta.

Darbo eiga

a) Į mėgintuvėlį įpilkite tiek smėlio, kad jis, užkimštas kamščiu, šiek tiek išsikišęs plūduriuotų matavimo cilindre su vandeniu (11.23 pav.);

b) raskite mėgintuvėlį veikiančią Archimedo jėgą:
— prieš įleisdami mėgintuvėlį į cilindrą, pasižymėkite vandens tūrį,
— prikabinkite prie mėgintuvėlio kabliuką ir įdėkite mėgintuvėlį į cilindrą,
— vėl pasižymėkite vandens tūrį,
— apskaičiuokite Archimedo jėgą;

c) ištraukite mėgintuvėlį iš vandens, jį nušluostykite ir pasverkite. Apskaičiuokite mėgintuvėlio sunkio jėgą;

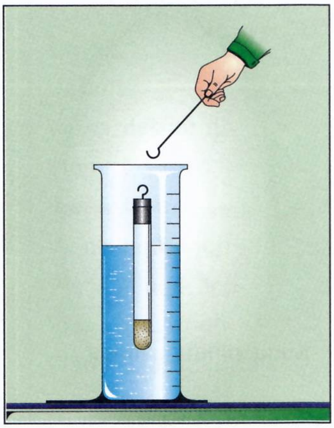
d) palyginkite ją su Archimedo jėga;

e) pripilkite į mėgintuvėlį tiek smėlio, kad jis nuskęstų, ir pakartokite bandymą;

f) padarykite išvadas.



11.22 pav.



11.23 pav.

Užduotys

1. 10 m^3 balionas pripildytas vandenilio. Jo svoris lygus 6 N. Kokio dydžio krovinį gali pakelti šis balionas?

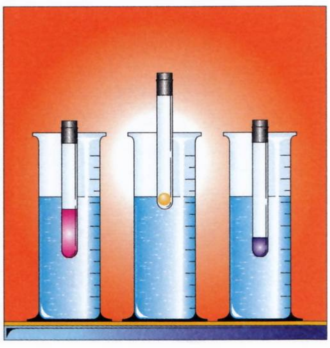
2. Koks turi būti mažiausias ledo lyties plotas, kad ji išlaikytų 70 kg masės žmogų? Lyties storis — 25 cm, ledo tankis — 920 kg/m^3, vandens tankis — 1000 kg/m^3.

3. Aerostatas pripildytas helio, kurio tankis 0,18 kg/m^3. Oro tankis 5 km aukštyje yra apie 0,74 kg/m^3. Kokios masės krovinį gali pakelti 10 000 m^3 tūrio aerostatas į šį aukštį?

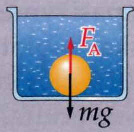
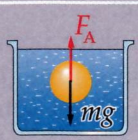
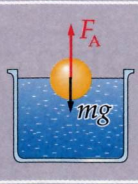
4. Meškerės plūdės tankis perpus mažesnis už vandens tankį. Kuri plūdės dalis bus panirusi į vandenį?

5. Trys vienodo tūrio, bet skirtingos masės mėgintuvėliai plūduriuoja vandenyje (11.24 pav.). Kurio mėgintuvėlio didžiausia masė? Kurį mėgintuvėlį veikia didžiausia Archimedo jėga? Kurį mėgintuvėlį galima visiškai panardinti mažiausia jėga?

11.24 pav.



Skyriaus „Kūnai skysčiuose (dujose)“ santrauka

Archimedo jėga	Jėga, kuri stumia aukštyn skysčiuose arba dujose panardintus kūnus, vadinama Archimedo jėga.
Archimedo dėsnis $F_A = \rho_s gV$	Skystyje (dujose) panardintą kūną veikia aukštyn nukreipta jėga, lygi kūno išstumto skysčio (dujų) svoriui.
Kūnų plūduriavimas	Kūnas skęsta skystyje, kai $F > F_A$, arba $mg > \rho_s gV$, arba $\rho_k > \rho_s$ 
	Kūnas pasinėręs skystyje, kai $F = F_A$, arba $mg = \rho_s gV$, arba $\rho_k = \rho_s$ 
	Kūnas kyla į skysčio paviršių, kai $F < F_A$, arba $mg < \rho_s gV$, arba $\rho_k < \rho_s$ 
Archimedo dėsnio taikymas	Archimedo dėsniu pagrįsta laivų, oro balionų, aerostatų konstrukcija.

Priedai

Priešdėliai kartotiniams ir daliniams matavimo vienetams sudaryti

Priešdėlis	Jo simbolis	Daugiklis	Daugiklio pavadinimas
Tera-	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}	Trilijonas
Giga-	G	1 000 000 000 = 10^{9}	Milijardas
Mega-	M	1 000 000 = 10^{6}	Milijonas
Kilo-	k	1000 = 10^{3}	Tūkstantis
Hekto-	h	100 = 10^{2}	Šimtas
Deka-	da	10 = 10^{1}	Dešimtis
Deci-	d	0,1 = 10^{-1}	Viena dešimtoji
Centi-	c	0,01 = 10^{-2}	Viena šimtoji
Mili-	m	0,001 = 10^{-3}	Viena tūkstantoji
Mikro-	μ	0,000 001 = 10^{-6}	Viena milijonoji
Nano-	n	0, 000 000 001 = 10^{-9}	Viena milijardoji
Piko-	p	0, 000 000 000 001 = 10^{-12}	Viena trilijonoji
Femto-	f	0, 000 000 000 000 001 = 10^{-15}	Viena kvadrilijonoji
Ato-	a	0, 000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	Viena kvintilijonoji

Kai kurių medžiagų tankis

Medžiaga	ρ, kg/m³	ρ, g/cm³	Medžiaga	ρ, kg/m³	ρ, g/cm³
Platina	21 500	21,5	Pienas	1030	1,03
Auksas	19 300	19,3	Vanduo	1000	1,0
Gyvsidabris	13 600	13,6	Alyvų aliejus	920	0,92
Švinas	11 340	11,34	Polietilenas	920	0,92
Sidabras	10 500	10,5	Ledas (0 °C)	900	0,9
Varis	8900	8,9	Nafta	800	0,8
Plienas, geležis	7800	7,8	Alkoholis	800	0,8
Granitas	2600—3000	2,6—3,0	Žibalas	800	0,8
Aliuminis	2700	2,7	Popierius	700—1200	0,7—1,2
Stiklas	2500	2,5	Benzinas	710	0,71
Betonas	2200	2,2	Ąžuolas (sausas)	700	0,7
Sieros rūgštis	1800	1,8	Pušis (sausa)	400	0,4
Smėlis (sausas)	1500	1,5	Kamštis	240	0,24
Akmens anglys	1200—1400	1,2—1,4	Oras (0 °C)	1,29	0,00129
Glicerinas	1200	1,2	Helis	0,18	0,00018
Gintaras	1100	1,1	Vandenilis	0,09	0,00009

Užduočių atsakymai

1.5.	**4.** 28 440 km/h; 40 320 km/h. **5.** Delfino. **7.** ≈ 19 km/h. **8.** 28 km/h.
1.6.	**3.** Galėjo. **6.** 80 km/h. **8.** 0,9 m/min. **10.** 600 km; 450 km; 150 km. **11.** 24 m/s.
1.7.	**4.** 8,3 min. **5.** Automobilis nuvažiuoja per tris kartus trumpesnį laiką. **6.** 3,6 km. **7.** ≈ $2{,}6 \cdot 10^6$ km; $9{,}5 \cdot 10^8$ km. **8.** 4,8 km/h. **9.** 16,8 m. **13.** 10,3 km/h.
1.8.	**5.** Per 50 s. **6.** 27 km/h. **7.** 65 m/s. **9.** 12 m/s. **10.** 1,25 m/s. **11.** 23 m/s. **12.** Per 4 s.
1.10.	**5.** ≈ 1,57 m/s. **6.** 8 kartus.
2.4.	**3.** 1,5 m/s^2. **4.** 0,5 m/s^2. **7.** 2 m/s^2. **8.** Po 2 min.
2.5.	**6.** 40 mN.
3.4.	**9.** ≈ 8 N. **10.** 100 N.
3.7.	**3.** 70 kN; 10 kN. **5.** 8 N; 3 N. **8.** 2,1 kN. **10.** 30 N; 20 N; 5 N.
4.1.	**11.** 240 kJ. **12.** 13,8 MJ. **13.** 4,3 MJ.
4.2.	**5.** 25 W. **6.** 12 kJ. **7.** 5 kW. **8.** 5 h.
4.3.	**1.** 50 W. **2.** 78 J. **3.** ≈ 15 kg. **4.** 880 kJ. **5.** 135 J. **6.** 147,5 kN.
4.4.	**8.** Į 6 m aukštį. **9.** 10 J.
4.6.	**6.** 1,2 MN.
5.1.	**3.** 40 kartų. **4.** 480 kartų. **6.** 40 cm.
5.2.	**1.** 50 kartų; 48 kartus.
5.3.	**3.** 200 Hz. **4.** 600 m.
5.4.	**2.** 1,2 m/s. **7.** 3,2 s. **8.** Per $\frac{1}{4}$ periodo.
6.2.	**3.** ≈ 3 km. **4.** Apytiksliai po 15 s. **6.** 3952,5 m/s. **8.** Į 133 m aukštį; 26,6 m/s.
6.4.	**4.** Padidės apie 4,4 karto. **5.** 500 Hz; 1450 m/s. **6.** 5000 m/s. **8.** 15 m. **9.** 290 m.
8.1.	**3.** 6 N. **6.** 150 N. **7.** 1,5 m; 30 cm atstumu nuo didesnės jėgos veikiamo sverto galo. **8.** 10 cm ir 90 cm. **10.** 20 N.
8.2.	**3.** 30 N. **4.** 40 N. **5.** Per 2 padalas.
8.3.	**1.** Į 0,5 m aukštį. **2.** 1 kJ. **4.** Abiem vienodai.
8.5.	**3.** 90 %. **4.** 80 %. **5.** 50 %.
2-asis l. d.	**1.** 90 kg. **2.** 600 J; 30 N. **3.** 80 %.
9.1.	**12.** 66 kPa; 4,4 karto didesnis. **13.** ≈ 6,67 karto.
9.2.	**12.** $2 \cdot 10^{-3}$ N.
9.3.	**9.** 0,2 MPa. **10.** 8,2 kPa; ≈ 1 m. **11.** 110 MPa. **12.** 120 kPa. **14.** 1 m.
9.4.	**6.** 56 cm. **7.** 860 kg/m^3. **8.** 50 cm.
9.5.	**2.** 90 kPa. **3.** 600 kPa. **4.** 30 m. **5.** 24 m.
9.6.	**5.** 3,6 kPa. **6.** 1 MPa; 50 kN.
9.7.	**3.** 2 kN; 20 kPa. **4.** 20 kartų. **6.** 15. **7.** ≈ 3 cm^2.
10.1.	**2.** 0,95 kg/m^3. **3.** 38,7 kg. **4.** 0,78 m^3.
10.2.	**2.** ≈ 56 kN. **6.** 160 kN.
10.3.	**4.** 20 kN. **6.** 444 Pa. **7.** ≈ 748 mm Hg; ≈ 756 mm Hg. **8.** 326 m. **9.** 73 kN.
11.1.	**2.** $F_A = 0{,}5$ N. **4.** $F_A = 1{,}25$ N.
11.2.	**2.** 300 cm^3; ≈ 2300 kg/m^3. **6.** 1 N; ≈ 0,8 N. **7.** 1,7 N. **8.** $\frac{2}{3}$ N.
3-iasis l. d.	**5.** 2 N; 3 N.
11.3.	**6.** 78 dm^3. **8.** 2500 kg/m^3.
11.5.	**7.** Sutriks.
4-asis l. d.	**1.** ≈11,6 kg. **2.** 3,5 m^2. **3.** 5,6 t.

Dalykinė ir pavardžių rodyklė

Aerostãtas 199
Áidas 112, 123
Akústika 106, 123
Aneròidas 181
Aragò D. 109
Archimèdas 139, 192, 194
Atmosferà 176, 187
Atòmas 6
Atóveikis 48
Atskaitõs kū̃nas 13

Bañgos
  išilgìnės — 100, 103
  skersìnės — 100, 103
Bangõs il̃gis 98, 103
Baromètras 181
Baršáuskas K. 117
Bártonas O. 161
Bèlas 120
Bèlas A. G. 120
Burdònas E. 168

Ceñtras
  mãsės — 130
  suñkio — 130

Dedamóji 67
Deformãcija 52, 71
Dekãrtas R. 197
Dėsnis
  antràsis Niùtono — 45, 49
  Archimèdo — 193, 202
  enèrgijos tvermė̃s — 85, 87
  inèrcijos (pirmàsis Niùtono) — 39, 49
  Paskãlio — 158, 173
  šviesõs ãtspindžio — 7
  veĩksmo ir atóveikio (trečiàsis Niùtono) — 48, 49
Dinamomètras 54
Džáulis 75, 78, 87
Džáulis Dž. P. 75

Elèktros srovė̃ 7
Enèrgija
  kinètinė — 82, 84, 87
  mechãninė — 78, 87
    pilnutinė — — 83
  poteñcinė — 80, 84, 87

Galià 76, 87
  árklio — 76
Galilė̃jus G. 39, 108

Gar̃sas 106, 123
Garsintùvas 112
Gar̃so stìpris 120, 123
Garsùmas 120, 123
Gei-Liusãkas L. Ž. 109
Gė̃rikė O. 178—181
Gyvsidabrio stulpelio milimetras 179
Greĩtis 18, 29, 35
  bangõs sklidìmo — 98, 103
  kampìnis — 32, 35
  linijìnis — 31, 35
  momeñtinis — 19
  vidutìnis — 19, 20

Hèrcas 92
Hèrcas H. 92
Hidráulinis prèsas 170
Hidráulinis stabdỹs 171
Hùmboltas A. 109

Inèrcija 39
Inertiškùmas 40, 49
Infragar̃sas 115

Jėgà 42, 49
  Archimèdo — 190, 202
  atóveikio — 48
  įcentrìnė — 66
  priverstìnė — 95
  suñkio — 57, 71
  tamprùmo — 52, 71
  trintiẽs — 62, 71
    rimtiẽs — — 62
  veĩksmo — 48
Jėgõs momeñtas 128, 135
Jėgõs petỹs 127, 135
Jėgų̃ atstojamóji 67, 71
Jònas
  neigiamàsis — 6
  teigiamàsis — 6
Judė́jimas
  — apskritimù 30
  kintamàsis — 15
  kreivaeĩgis — 12, 28, 34
  mechãninis — 10, 34
  netolýginis — 15
  tiesiaeĩgis — 12, 34
    netolýginis — — 21, 25, 34
    tolýginis — — 21, 34
  tolýgiai kiñtamas — 25
  tolýginis — 15

Kamertònas 119
Kẽlias 15, 23, 28

Laisvàsis kritìmas 57
Lanževènas P. 117

Mãchas E. 110
Manomètras 168
Mãsė 40, 49
Materialùsis tãškas 13
Mechãninė bangà 98, 103
Mechãninis dárbas 74, 87
Mẽdžiagų bū́senos 6
Mersènas M. 108, 109
Molèkulė 6
Mongolfjè E. 200
Mongolfjè Ž. 200

Naudingùmo koeficieñtas 149, 151
Niùtonas 46
Niùtonas I. 39, 40
Niutonmètras 128, 135
Nueitàsis kẽlias 15, 35
Nuožulnióji plokštumà 146, 151

Pãgreitis 26, 35, 44, 45
 laĩsvojo kritìmo — 58
Paprastíeji mechanìzmai 138, 151
Paskãlis 155
Paskãlis B. 155, 158
Pèrelmanas J. 109
Periòdas
 sukìmosi — 31, 35
 svyrãvimo — 92
Pikãras O. 162
Pikãras Ž. 162
Pipètė 184
Pusiáusvyra 126
 beskir̃tė — 131, 132, 135
 nepastovióji — 131, 132, 135
 pastovióji — 131, 135

Radiãnas 32
Rezonánsas
 akùstinis — 121
 mechãninis — 95, 103

Sifònas 183
Sistemà
 atskaitõs — 14, 34
 koordinãčių — 13
Siurblỹs 184
Skridinỹs 143, 151
 kilnójamasis — 144
 nekilnójamasis — 143
Skrỹsčiai 145, 151
Sleñkstis
 girdõs — 120
 skaũsmo — 120
Slẽgis 155—163, 173
 atmosfèros — 178, 187
 normalùsis — — 179, 187
Suñkis 57, 71
Susisíekiantieji iñdai 163, 173
Svei̇̃tas 138, 151
Svyrãvimas 90
 laisvàsis — 94, 103
 mechãninis — 91, 103
 priverstìnis — 95, 103
 slopìnamasis — 94, 103
Svyrãvimo amplitùdė 92, 103
Svyrãvimo dãžnis 92, 103
Svyruõklė 91
 matemãtinė — 93
Svõris
 kū́no — 59, 71

Šìncas R. 168
Šliùzai 166
Šviesõs lūžìmas 7

Taisỹklė
 auksìnė mechãnikos — 148, 151
 jėgũ momeñtų — 128, 140
 svei̇̃to — 139, 151
Tèmbras 119
Temperatūrà 7
Tònas 118
Tòno aũkštis 118, 123
Toričẽlis E. 168, 178—180
Trajektòrija 12, 34
Traukà
 gravitãcinė — 57
 visúotinė — 57
Trintìs
 riedéjimo — 63
 rimtiẽs — 62
 slydìmo — 62
Triukšmaĩ 122

Ultragar̃sas 115

Vandéntalpa 199
Vãtas 77, 87
Vãtas Dž. 77
Vaterlìnija 199
Veĩksmas 48
Virpesiaĩ 90
Vìrštoniai 119
Viviánis V. 168
Vólšas D. 162

Panaudotų iliustracijų šaltiniai

Karazija R. Įžymūs fizikai ir jų atradimai. — K.: Šviesa, 2002.

Medžiaga iš „Foto diskai".

1000 Questions and Answers. — London: Kingsfischer Verlag, 2002.

Physik Gross Berhag 5/6 Nordrhein-Westfalen / von *K. Graeff, H.-W. Kirchhoff, J. Opladen, J. Reimers.* — Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 1987.

Physik plus Gymnasium Klasse 6 Sachsen / *K. Liebers, H. Mikelskis, H.-J. Wilke.* — Berlin: Volk und Wissen Verlag, 2002.

Physik plus Gymnasium Klassen 7/8 Thüringen / *K. Liebers, H. Mikelskis, R. Otto, L.-H. Shön, H.-J. Wilke.* — Berlin: Volk und Wissen Verlag, 2003.

Stonkus S. Olimpija. — K.: Šviesa, 2002.

Vaikų enciklopedija: Pirmi žingsniai į žinių pasaulį. — V.: Alma littera, 2003.

Vladas Valentinavičius
FIZIKA
Vadovėlis VIII klasei

Piešiniai *Elvio Zovės*
Nuotraukos *Rimanto Penkausko* ir *Marijaus Petrausko*
Redaktorė *Zita Šliavaitė*
Viršelis *Kristinos Jėčiūtės*

Tir. 6000 egz. Leid. Nr. 15 435. Užsak. Nr. 6.325.
Uždaroji akcinė bendrovė leidykla „Šviesa", E. Ožeškienės g. 10, LT-44252 Kaunas.
El. p. mail@sviesa.lt
Interneto puslapis http://www.sviesa.lt
Spausdino AB spaustuvė „Spindulys", Gedimino g. 10, LT-44318 Kaunas.
El. p. spaustuve@spindulys.lt
Interneto puslapis http://www.spindulys.lt
Sutartinė kaina

VADOVĖLIO KORTELĖ

Eil. Nr.	Mokinio vardas ir pavardė	Mokslo metai	Vadovėlio išvaizda (l. gera, gera, patenkinama)	
			mokslo metų pradžioje	mokslo metų pabaigoje

BRANGINKITE IR TAUSOKITE VADOVĖLIUS!

Pilki keleliai dulka,
Pilki keliai.

S. Žlibinas

VII klasėje įžengę į fizikos pasaulį, šiemet keliausite toliau, mokysitės kitaip pažvelgti į kasdieniškus dalykus. Antai žodis „kelias“ Jums žinomas nuo pat pirmųjų žingsnių. Kasdien įmantriausiomis linijomis „keliaujate“ po kambarį, bėgiojate po kiemą, skubate takeliu į mokyklą ir t. t. Šiais mokslo metais nagrinėjama fizikos kurso dalis, kuri vadinasi mechanika, pasiūlys Jums kitą požiūrį į kelią: mokys jį reikšti formulėmis, apskaičiuoti, vaizduoti grafiškai. Gal įgytos žinios paskatins kitaip vertinti kelių tinklą Lietuvoje, domėtis, kada buvo nutiestas pirmasis plentas, kaip keitėsi per Jūsų tėviškę einantys keliai, koks yra automobilių magistralių tinklas, kur drieksis per Lietuvą Via Baltica? Tai tik viena iš daugelio įdomių vadovėlio temų, kurias gvildensite VIII klasėje.



ISBN 5-430-03749-4